Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia
2013

TEKNIK DASAR PENGERJAAN NON LOGAM



TEKNIK DASAR PENGERJAAN NON LOGAM

SMK KELAS X

SEMESTER 1

Penulis : **Cahyo Kuncoro**
Editor Materi : **Sonny**
Editor Bahasa :
Ilustrasi Sampul :
Desain & Ilustrasi Buku :

Pusat Pengembangan & Pemberdayaan Pendidik & Tenaga Kependidikan Bidang Otomotif & Elektronika:

Jl. Teluk Mandar, Arjosari Tromol Pos 5, Malang 65102, Telp. (0341) 491239, (0341) 495849, Fax. (0341) 491342, Surel: vedcmalang@vedcmalang.or.id, Laman: www.vedcmalang.com

DISKLAIMER (*DISCLAIMER*)

Penerbit tidak menjamin kebenaran dan keakuratan isi/informasi yang tertulis di dalam buku tek ini. Kebenaran dan keakuratan isi/informasi merupakan tanggung jawab dan wewenang dari penulis.

Penerbit tidak bertanggung jawab dan tidak melayani terhadap semua komentar apapun yang ada didalam buku teks ini. Setiap komentar yang tercantum untuk tujuan perbaikan isi adalah tanggung jawab dari masing-masing penulis.

Setiap kutipan yang ada di dalam buku teks akan dicantumkan sumbernya dan penerbit tidak bertanggung jawab terhadap isi dari kutipan tersebut. Kebenaran keakuratan isi kutipan tetap menjadi tanggung jawab dan hak diberikan pada penulis dan pemilik asli. Penulis bertanggung jawab penuh terhadap setiap perawatan (perbaikan) dalam menyusun informasi dan bahan dalam buku teks ini.

Penerbit tidak bertanggung jawab atas kerugian, kerusakan atau ketidaknyamanan yang disebabkan sebagai akibat dari ketidakjelasan, ketidaktepatan atau kesalahan didalam menyusun makna kalimat didalam buku teks ini.

Kewenangan Penerbit hanya sebatas memindahkan atau menerbitkan mempublikasi, mencetak, memegang dan memproses data sesuai dengan undang-undang yang berkaitan dengan perlindungan data.

Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Teknik Rekayasa Perkapalan, Edisi Pertama 2013

Kementerian Pendidikan & Kebudayaan

Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik & Tenaga Kependidikan, th. 2013: Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas tersusunnya buku teks ini, dengan harapan dapat digunakan sebagai buku teks untuk siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Bidang Studi Teknik Rekayasa Perkapalan

Penerapan kurikulum 2013 mengacu pada paradigma belajar kurikulum abad 21 menyebabkan terjadinya perubahan, yakni dari pengajaran (*teaching*) menjadi BELAJAR (*learning*), dari pembelajaran yang berpusat kepada guru (*teachers-centered*) menjadi pembelajaran yang berpusat kepada peserta didik (*student-centered*), dari pembelajaran pasif (*pasive learning*) ke cara belajar peserta didik aktif (*active learning-CBSA*) atau *Student Active Learning-SAL*.

Buku teks ″Teknik Pengerjaan Dasar Non Logam ″ ini disusun berdasarkan tuntutan paradigma pengajaran dan pembelajaran kurikulum 2013 diselaraskan berdasarkan pendekatan model pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan belajar kurikulum abad 21, yaitu pendekatan model pembelajaran berbasis peningkatan keterampilan proses sains.

Penyajian buku teks untuk Mata Pelajaran “Teknik Dasar Pengerjaan Non Logam ″ ini disusun dengan tujuan agar supaya peserta didik dapat melakukan proses pencarian pengetahuan berkenaan dengan materi pelajaran melalui berbagai aktivitas proses sains sebagaimana dilakukan oleh para ilmuwan dalam melakukan eksperimen ilmiah (penerapan scientifik), dengan demikian peserta didik diarahkan untuk menemukan sendiri berbagai fakta, membangun konsep, dan nilai-nilai baru secara mandiri.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, dan Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik dan Tenaga Kependidikan menyampaikan terima kasih, sekaligus saran kritik demi kesempurnaan buku teks ini dan penghargaan kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam membantu terselesaikannya buku teks siswa untuk Mata Pelajaran CSIT kelas X /Semester 2 Sekolah Menengah Kejuruan (SMK).

Jakarta, 12 Desember 2013

Menteri Pendidikan dan Kebudayaan

Prof. Dr. Mohammad Nuh, DEA

DAFTAR ISI

PERISTILAHAN / GLOSSARY

Logam ferro adalah logam besi

Logam non ferro atau logam bukan besi adalah logam yang tidak mengandung unsure besi (Fe)

Sifat mekanis suatu logam adalah kemampuan bahan untuk menahan beban, baik beban statis, dinamis, atau berubah-ubah pada sebagai deadaan, dengan suhu tinggi maupun dibawah nol derajat.

Sifat fisis suatu logam adalah bagaimana keadaan logam itu apabila mengalami peristiwa fisika

Sifat kemis atau sifat kimia adalah dimana bahan tersebut mampu menahan adanya zat kimia yang dikenakan pada bahan tersebut.

Sifat teknologis merupakan kemampuan suatu bahan dalam proses pengerjaanya secara teknis.

Logam mulia adalah logam yang dalam keadaan tunggal sudah dapat dipakai sebagai bahan teknik

Logam radioaktif adalah bahan yang menunjukan gejala radioaktif karena radionuklida

Radioktif adalah radiasi elektromagnetik dan penyebaran partikel pada saat terjadi perubahan spontan suatu inti atom atau disebabkan pembelahan inti secara spontan.

Plastik merupakan bahan yang sangat penting dalam dunia permesinan dan industry modern

Termoseting bahan ini keras dan mempunyai daya tahan panas yang tinggi.

Termoplastik tersusun dari molekul-molekul panjang. Jikalau molekul panjang itu diumpakan sebagai sebuah garis yang ditarik dan kita letakkan dua buah molekul panjang berdampingan maka memperlihatkan suatu gambaran dari suatu termoplas dalam keadaan padat

Bahan isolasi adalah bahan yang menyekat, artinya yang tidak menghantarkan

Bahan paking ialah bahan yang digunakan untuk perapat ruangan yang berisi zat cair atau gas

Kayu adalah bagian batang atau cabang serta ranting tumbuhan yang mengeras karena mengalami lignifikasi

Kambium merupakan jaringan yang lapisannya tipis dan bening, mengelilingi kayu, ke arah luar membentuk kayu baru sebagai pengganti kayu lama yang telah rusak dan ke arah dalam membentuk kayu baru

Kayu Gubal merupakan bagian dari pohon yang melingkari kayu inti.

Kayu Teras terdiri dari sel-sel yang yang sudah tua atau mati

Jari-jari kayu adalah jaringan kayu yang dibentuk dengan susunan sel secara radial yang berfungsi menyampaikan makanan dari kulit dalam kebagian dalam pohon.

Anisotropik yaitu sifat-sifatnya elastis tergantung dari arah gaya terhadap serat-serat dan lingkaran tahun.

Ortotropis, yang artinya mempunyai tiga bidang simetri elastis yang saling tegak lurus, yaitu Longitudinal (aksial), Tangensial, dan Radial.

Higroskopis, yaitu dapat menyerap atau melepaskan kadar air (kelembaban) sebagai akibat perubahan kelembaban dan suhu udara disekelilingnya

Lignin adalah komponen makromolekuler dinding sel ketiga

Pori (*vessel*) adalah sel yang berbentuk pembuluh dengan arah longitudinal

Parenkim *(Parenchyma)* adalah sel yang berdinding tipis dengan bentuk batu bata dengan arah longitudinal.

Saluran interseluler adalah saluran yang berada di antara sel-sel kayu yang berfungsi sebagai saluran khusus.

Saluran getah adalah saluran yang berada dalam batang kayu, dan bentuknya seperti lensa

Mata kayu adalah merupakan tunas/cabang yang tumbuh pada batang pohon yang utama, dengan adanya tunas/cabang maka arah serat kayu akan berbentuk spesifik seperti membeloknya serat batang pohon

Trakeida adalah sel yang berbentuk panjang dengan bagian ujung yang mengecil sampai meruncing, dan berfungsi untuk mengangkut bahan makanan.

Fiberglass adalah bahan paduan atau campuran beberapa bahan kimia (bahan komposit) yang bereaksi dan mengeras dalam waktu tertentu. Bahan ini mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan bahan logam, diantaranya: ringan, mudah dibentuk, dan murah.

Erosil merupakan bahan pembuat fiberglass yang berbentuk bubuk sangat halus seperti bedak bayi berwama putih. Berfungsi sebagai perekat mat agar fiberglass menjadi kuat dan tidak mudah patah/pecah.

Resin merupakan bahan pembuat fiberglass yang berujud cairan kental seperti lem, berkelir hitam atau bening. Berfungsi untuk mengeraskan semua bahan yang akan dicampur.

Katalis merupakan bahan pembuat fiberglass yang berwarna bening dan berfungsi sebagal pengencer. Zat kimia ini biasanya dijual bersamaan dengan resin. Perbandingannya adalah resin 1 liter dan katalisnya 1/40 liter.

Pigmen adalah zat pewarna sebagai pencampur saat bahan fiberglass dicampur.

Mat merupakan bahan pembuat fiberglass yang berupa anyaman mirip kain dan terdiri dari beberapa model, dad model anyaman halus sampai dengan anyaman yang kasar atau besar dan jarangjarang.

Berfungsi sebagai pelapis campuran adonan dasar fiberglass, sehingga sewaktu unsur kimia tersebut bersenyawa dan mengeras, mat berfungsi sebagai pengikatnya. Akibatnya fiberglass menjadi kuat dan tidak getas.

Talk merupakan bahan pembuat fiberglass yang berupa bubuk berwarna putih seperti sagu. Berfungsi sebagai campuran adonan fiberglass agar keras dan agak lentur.

Faktor fisik, misalnya penerangan / pencahayaan yang tidak cukup, suhu udara yang panas, kelembaban yang tinggi atau rendah, suara yang bising, dan sebagainya

Faktor kimia, yaitu bahan-bahan kimia yang menimbulkan gangguan kerja, misalnya bau gas, uap atau asap, debu dan sebagainya.

Faktor biologi, yaitu binatang atau hewan dan tumbuh-tumbuhan yang menyebabkan pandangan tidak enak mengganggu, misalnya nyamuk, lalat, kecoa, lumut, taman yang tidak teratur, dan sebagainya.

Faktor fisiologis, yakni peralatan kerja yang tidak sesuai dengan ukuran tubuh atau anggota badan (ergonomic), misalnya meja atau kursi yang terlalu tinggi atau pendek.

Faktor sosial-psikologis, yaitu suasana kerja yang tidak harmonis, misalnya adanya klik, gosip, cemburu dan sebagainya.

Rambu-rambu keselamatan adalah peralatan yang bermanfaat untuk membantu melindungi kesehatan dan keselamatan karyawan dan pengunjung yang sedang berada di tempat kerja

Kecelakaan adalah semua kejadian yang tidak direncanakan yang menyebabkan atau berpotensial menyebabkan cidera, kesakitan, kerusakan, atau kerugian lainnya.

Ancestry dan Social Environment, yaitu faktor keturunan, keras kepala, gugup, penakut, iri hati, sembrono, tidak sabar, pemarah, tidak mau bekerja sama, tidak mau menerima pendapat orang lain, dan lain-lain.

Fault of Person, yaitu rangkaian dari faktor keturunan dan lingkungan yang menjurus pada tindakan yang salah dalam melakukan pekerjaan. Ada beberapa keadaan yang menyebabkan seseorang melakukan kesalahan-kesalahan

Unsafe Actions and Unsafe Conditions, yaitu tindakan berbahaya disertai bahaya mekanik dan fisik yang memudahkan terjadinya kecelakaan.

Bahaya (Hazard) adalah sifat-sifat yang ada dan melekat pada suatu bahan / materi atau proses yang dapat mengakibatkan cidera atau kerusakan (terhadap manusia, peralatan dan / atau lingkungan).

Human Hazards adalah :Bahaya-bahaya yang timbul sebagai akibat adanya sifat-sifat tak aman dari manusia (karya-wan), baik terhadap dirinya sendiri atau terhadap pihak dan / atau lingkungan sekitarnya

Equipment Hazards adalah :Bahaya-bahaya yang timbul sebagai akibat adanya sifat-sifat tak aman dari suatu peralatan / mesin, baik terhadap dirinya sendiri atau terhadap unsur sistem lainnya.

Material Hazards adalah :Bahaya-bahaya yang timbul sebagai akibat adanya sifat-sifat tak aman dari suatu peralatan / mesin, baik terhadap dirinya sendiri atau terhadap unsur sistem lainnya

Enviromental Hazards adalah :Bahaya-bahaya yang timbul sebagai akibat adanya sifat-sifat tak aman dari suatu lingkungan tertentu, baik terhadap dirinya sendiri atau terhadap unsur sistem lainnya.

Penyakit Silikosis disebabkan oleh pencemaran debu silika bebas, berupa SiO2 yang terhisap masuk ke dalam paru-paru dan kemudian mengendap

Penyakit Asbestosis adalah penyakit akibat kerja yang disebabkan oleh debu atau serat asbes yang mencemari udara.

Asbes adalah campuran dari berbagai macam silikat, namun yang paling utama adalah Magnesium silikat

Penyakit Bisinosis adalah penyakit pneumoconiosis yang disebabkan oleh pencemaran debu napas atau serat kapas di udara yang kemudian terhisap ke dalam paru-paru

Penyakit Antrakosis adalah penyakit saluran pernapasan yang disebabkan oleh debu batubara

Penyakit Beriliosis Udara yang tercemar oleh debu logam berilium, baik yang berupa logam murni, oksida, sulfat, maupun dalam bentuk halogenida, dapat menyebabkan penyakit saluran pernapasan

Safe : aman atau selamat

Safety : mutu suatu keadaan aman

Unsafe act : tindakan tidak aman dari manusia itu sendiri

Unsafe codition : keadaan tidak aman dari lingkungan kerja

Resiko adalah kesempatan untuk terjadinya kecelakaan atau kerugian, juga kemungkinan dari akibat dan kemungkinan bahaya tertentu.

APD merupakan kelengkapan yang wajib digunakan saat bekerja sesuai bahaya dan resiko kerja untuk menjaga keselamatan pekerja itu sendiri dan orang di sekelilingnya. Kewajiban itu sudah disepakati oleh pemerintah melalui Departemen Tenaga Kerja Republik Indonesia

II. Pembelajaran

BAB I. SIFAT-SIFAT BAHAN

A. Deskripsi

Bahan teknik dapat digolongkan dalam kelompok logam dan non logam. Selain dua kelompok tersebut ada kelompok lain yang dikenal dengan nama *metalloid* (menyerupai logam) yang sebenarnya termaksuk bahan bukan logam. Logam dapat digolongkan pula dalam kelompok logam ferro yaitu logam yang mengandung besi, dan logam non ferro atau logam bukan besi.

Dari semua jenis logam dapat digolongkan menjadi logam murni dan logam paduan. Logam paduan artinya logam yang dicampur dengan logam lain atau bahkan dicampur dengan bukan logam.

Ilmu logam adalah suatu pengetahuan tentang logam – logam yang menjelaskan tentang sifat – sifat, struktur, pembuatan, pengerjaan dan pengguanan dari logam dan panduanya.
Modul kompetensi bahan logam dan bukan logam ini pada dasarnya merupakan materi kurikulum yang berfungsi untuk mengembangkan kemampuan siswa SMK Bidang Keahlian Teknik Perkapalan Laut untuk dapat mengidentifikasi dan memilih bahan teknik yang sesuai untuk digunakan di kapal. Modul ini di dalamnya berisi materi yang disajikan dalam beberapa kegiatan belajar antara lain yaitu :

Kegiatan 1 : Bahan Logam
Kegiatan 2 : Bahan Bukan Logam

Kedua modul itu di sajikan dalam buku Materi Pokok Teknik Dasar Pengerjaan Non Logam

B. Kegiatan Belajar

1. Kegiatan Belajar 1

a. Tujuan Pembelajaran

Siswa dapat mengklasifikasikan, memilih, mengidentifikasi, bahan logam dan sifat-sifatnya.

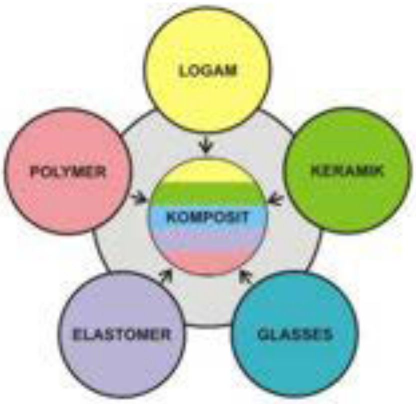
b. Uraian Materi

Bahan atau material merupakan kebutuhan bagi manusia mulai zaman dahulu sampai sekarang. Kehidupan manusia selalu berhubungan dengan kebutuhan bahan seperti pada transportasi, rumah, pakaian, komunikasi, rekreasi, produk makanan dan sebagainya.

Perkembangan peradaban manusia juga bisa diukur dari kemampuannya memproduksi dan mengolah bahan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. (jaman batu, perunggu dsb). Pada tahap awal manusia hanya mampu mengolah bahan apa adanya seperti yang tersedia dialam misalnya : batu, kayu, kulit, tanah dan sebagainya. Dengan perkembangan peradaban manusia bahan-bahan alam tersebut bisa diolah sehingga bisa menghasilkan kualitas bahan yang lebih tinggi.

Pada 50 tahun terakhir para saintis menemukan hubungan sifat-sifat bahan dengan elemen struktur bahan. Sehingga bisa diciptakan puluhan ribu jenis bahan yang mempunyai sifat-sifat yang berbeda.

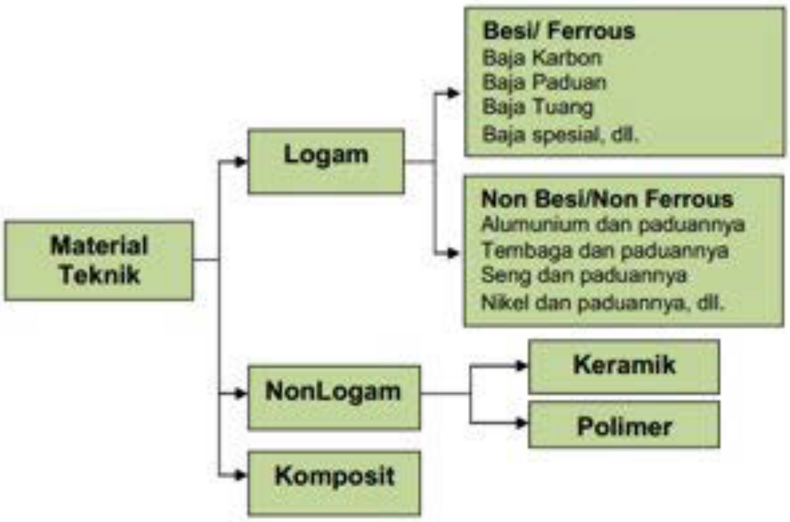
1. Klasifikasi Material



Terdapat banyak sekali jenis material yang tersedia di alam. Di dalam dunia teknik, material umumnya diklasifikasikan menjadi lima jenis yaitu : material logam, keramik, glass, elastomer, polymer, dan

Gambar 1.1. Klasifikasi material teknik

material komposit. Gambar 1.1 menunjukkan klasifikasi material teknik tersebut. Saat ini penggunaan material logam dan berbagai paduannya masih mendominasi bahan peralatan mesin. Penggunaan materialkomposit dan keramik untuk peralatan mesin pada akhir abad 20 mulai berkembang cukup pesat.



Gambar 1.2. Klasifikasi Bahan Dalam Industri

Ilmu logam adalah suatu pengetahuan tentang logam-logam yang menjelaskan tentang sifat-sifat, struktur, pembuatan, pengerjaan dan penggunaan dari logam dan paduannya.

Bahan teknik dapat digolongkan dalam kelompok logam dan bukan logam. Selain dua kelompok tersebut ada kelompok lain yang dikenal dengan nama *metalloid* (menyerupai logam) yang sebenarnya termasuk bahan bukan logam. Logam dapat digolongkan pula dalam kelompok logam ferro yaitu logam yang mengandung besi, dan logam non ferro atau logam bukan besi.

1) Material logam
2) Material non logam

Berdasarkan pada komposisi kimia, logam dan paduannya dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu:

1) Logam besi / ferrous
2) Logam non besi / non ferrous

Logam-logam besi merupakan logam dan paduan yang mengandung besi (Fe) sebagai unsur utamanya.

Logam-logam non besi merupakan meterial yang mengandung sedikit atau sama sekali tanpa besi. Dalam dunia teknik mesin, logam (terutama logam besi / baja) merupakan material yang paling banyak dipakai, karena pada umumnya kuat, ulet, dan mudah dibuat dalam berbagai bentuk praktis, tetapi material-material lain juga tidak dapat diabaikan. Material non logam sering digunakan karena meterial tersebut mempunyai sifat yang khas yang tidak dimiliki oleh material logam.

Dari semua jenis logam dapat digolongkan menjadi logam murni dan logam paduan. Logam paduan artinya logam yang dicampur dengan logam atau bahkan dicampur dengan bukan logam.

Dari semua golongan logam dapat dibedakan menjadi lima bagian yaitu :

a) Logam berat adalah apabila berat jenisnya lebih dari 5 kg/dm. misalnya : nikel, kromium, tembaga, timah, seng, dan besi.
b) Logam ringan adalah apabila berat jenisnya lebih besar dari 5 kg/dm. misalnya : alumunium, magnesium, natrium, titanium, dan lain-lain.
c) Logam mulia adalah logam yang tidak dicampur dengan logam lain atau unsure lain sudah dapat digunakan sebagai bahan teknik. Misalnya: emas, perak, dan platina.
d) Logam refraktori yaitu logam tahan api. Misalnya: wolfram, molebdenum, dan titanium.
e) Logam radioaktif. Misalnya : uranium dan radium.

Dalam penggunaan dan pemakaian pada umumnya, logam tidak merupakan logam murni melainkan logam paduan. Logam murni pertain ini adalah logam yang tidak dicampur dengan unsure

lainya atau pengertian lain yaitu yang diperoleh dari alam (hasil tambang) dalam keadaan murni dengan kadar kemurnian 99,99 %

Dengan memadukan dua logam atau lebih dapat diperoleh sifat-sifat yang lebih dari pada logam aslinya. Memadukan dua logam yang lemah dapat diperoleh logam.

Paduan yang kuat dan keras. Misalnya tembaga dan timah, keduanya adalah logam yang lunak, bila dipadukan menjadi logam yang keras dan kuat dengan nama perunggu. Besi murni adalah bahan yang lunak sedangkan zat arang (bukan logam) adalah bahan yang rapuh, paduan besi dengan zat arang menjadi baja yang keras dan liat.

Logam pada umumnya terdapat di alam (tambang) dalam bentuk bijih-bijih berupa batuan atau mineral. Bijih logam tersebut masih terikat dengan unsur-unsur lain sebagai oksida, sulfide atau karbonat.

a) Logam Ferro

Logam ferro adalah logam besi. Besi merupakan logam yang penting dalam bidang teknik, tetapi besi murni terlalu lunak dan rapuh sebagai bahan kerja, kontruksi atau pesawat. Oleh karena itu besi selalu bercampur dengan unsur lain, terutama zat arang / karbon. Sebutan besi dapat berarti :

1) Besi murni dengan symbol kimia Fe yang hanya dapat diperoleh dengan jalan reaksi kimia.
2) Besi teknik adalah yang sudah atau selalu bercampur dengan unsur lain.

Besi teknik terbagi atas tiga macam yaitu :

1) Besi mentah atau besi kasar yang kadar karbonya lebih besar dari 3,7%.
2) Besi tuang yang kadar karbonya antara 2,3 sampai 3,6% dan tidak dapat ditempa. Disebut besi tuang kelabu karena

karbon tidak bersenyawa secara kimiawi dengan besi melainkan sebagai karbon yang lepas yang memberikan warna abu-abu kehitaman, dan disebut besi tuang putih karena karbon mampu bersenyawa dengan besi.

3) Baja atau beasi tempa yaitu kadar karbinya kurang dari 1,7% dan dapat ditempa.

Logam ferro juga disebut disebut karbon atau baja karbon. Bahan dasarnya adalah unsur besi (Fe) dan karbon (C), tetapi sebenarnya juga mengandung unsur lain seperti: silisium, mangan, fosfor, belerang dan sebagainya yang kadarnya relative rendah. Unsur-unsur dalam campuran itulah yang mempengaruhi sifat-sifat besi atau baja pada umumnya, tetapi unsure zat arang (karbon) yang paling besar pengaruhnya terhadap besi atau baja terutama kekerasanya.

Pembuatan besi atau baja dilakukan dengan mengolah bijih besi didalam dapur tinggi yang akan menghasilkan besi kasar atau besi mentah. Besi kasar belum dapat digunakan sebagai bahan untuk membuat benda jadi maupun setengah jadi, oleh kaena itu, besi kasar itu masih harus diolah kembali di dalam dapur-dapur baja. Logam yang dihasilkan oleh dalpur baja itulah yang dikatakan sebagai besi atau baja karbon, yaitu bahan untauk membuat benda jadi maupun setengah jadi.

b) Logam Non Ferro dan Paduanya

Logam non ferro atau logam bukan besi adalah logam yang tidak mengandung unsure besi (Fe). Logam non ferro murni kebanyakan tidak digunakan begitu saja tanpa dipadukan dengan logam lain, karena biasanya sifat-sifatnya belum memenuhi syarat yang diinginkan. Kecuali logam non ferro murni, platina, emas dan perak tidak dipadukan karena sudah

memiliki sifat yang baik, misalnya ketahanan kimia dan daya hantar listrik yang baik serta hantar listrik yang baik serta cukup kuat, sehingga dapat digunakan dalam keadaan murni. Tetapi karena harganya mahal, ketiga jenis logam ini hanya digunakan untuk keperluan khusus. misalnya dalam teknik proses dan laboratorium di samping keperluan tertentu seperti perhiasan dan sejenisnya.

Logam non ferro juga digunakan untuk campuran besi atau baja dengan tujuan memperbaiki sifat-sifat bajja. Dari jenis logam non ferro berat yang sering digunakan untuk paduan baja antara lain, nekel, kromium, molebdenum, wlfram dan sebagainya.

2. Bukan logam

Bahan bukan logam ternyata selalu dibutuhkan, baik dalam teknik bangunan dan mesin, bangunan umum, teknik proses, maupun keperluan lainya. Bukan logam selain dgunakan sebagai bahan pengganti logam untuk beberapa keperluan juga sangat dibutuhkan sebagai bahan utama sesuai dengan kemampuan yang dimiliki dan sifat-sifatnya yang khas untuk berbagai keperluan

Bahan bukan logam yang penting untuk bahan teknik antara lain dapat digolongkan sebagai berikut.

a) Bahan pelumas : minyak dan gemuk.
b) Bahan bakar : padat, cair, dan gas.
c) Bahan padking : perapat caitan dan perapat gas.
d) Bahan isolasi : isolasi panas, isolasi listrik, dan isolasi getar.
e) Bahan asah
f) Bahan las
g) Karet
h) Plastic

3. Macam-Macam Sifat Logam

Dalam pemakaianya semua partikel dan struktur logam akan terkena pengaruh gaya luar yang dapat menimbulkan tegangan-tegangan sehingga menimbulkan deformasi atau perbahan bentuk. Untuk menjaga terhadap akibat yang timbul dari adanya tegangan-tegangan tersebut serta mempertahankanya pada batas-batas yang diperbolehkan bagi suatu pembebanan, maka diperlukan pemahaman tentang bahan-bahan yang cocok untuk suatu keperluan dari berbagai perencanaan.

Pembuatan barang jadi atau setengah jadi, mestinya sudah didasarkan atas sifat-sifat dari bahan, baik kekerasan, keuletan, kekuatan dan sebagainya. Pengetahuan yang mendalam dari sifat-sifat bahan tersebut didasarkan pada hasil percobaan yang dilakukan dalam berbagai keadaan beban, arah beban, besarnya beban, serta waktu pembebanan.

Percobaan bahan untuk mengetahui sifat-sifat yang dimiliki itu dapat dilakukan dengan baban statis, dinamis atau kedua-duanya. Percobaan dengan beban statis ialah apabila beban ditingkatkan secara teratur sedikit demi sedikit. Misalnya pada percobaan tarik, puntir, bengkok, dan percobaan tekan. Percobaan dengan beban dinamis ialah apabila beban ditingkatkan secara cepat dan mendadak. Percobaan berulang-ulang atau fatique (gabungan antara beban statis dan dinamis), apabila bebanya diberikan secara berulang-ulang dan berubah-ubah arahnya maupun besaranya beban.

Dalam pembahasan ini kita akan membidarakan tentang bebetapa sifat logam yang erat kaitanya kdengan pemakaianya, tanpa menjelaskan percobaan yang dilakukan. Beberapa sifat logam yaitu :

a) Sifat Mekanis

Sifat mekanis suatu logam adalah kemampuan bahan untuk menahan beban, baik beban statis, dinamis, atau berubah-ubah pada sebagai deadaan, dengan suhu tinggi maupun dibawah nol derajat. Sifat mekanis dari logam tersebut berupa kekenyalan, kekuatan, keuletan, kekearasan, kegetasan, ketahanan ausnya, batas penjalaran, dan kekuatan tekan. Ketentuan mengenai sifat mekanis itu menyangkut lamanya menerima beban, keadaan lingkungan, frekuensi pembebanan dan kekuatan menekan bahan percobaan.

b) Sifat Fisis

Sifat fisis suatu logam adalah bagaimana keadaan logam itu apabila mengalami peristiwa fisika, misalnya keadaan pada waktu terkena pngaruh panas dan pengarus listrik. Karena pengaruh panas yang diterimanya pada suhu tertentu,bahan akan mencair atau hanya mengalami perubahan bentuk dan ukuranya. Dari sifat fisis ini dapat ditentukan titik cair suatu bahan dan titik didihnya, sifat menghantarkan panas, keadaan pemuaianya pada waktu menerima panas, perbahan bentuknya karena panas, dan sebagainya. Pengaruh panas yang diterima oleh suatu bahan dengan sendirinya dapat berhubungan dengan sifat mekanis.

Misalnya dalam proses penyepuhan, bahan yang dipanaskan pada suhu tetentu dan kemudian didinginkan dengan cepat, bahan tersebut akan menjadi keras atau apabila bahan yang dipanaskan kemudian didinginkan dengan perlahan-lahan akan menjadi lebih lunak.

c) **Sifat Kemis**

Sifat kemis atau sifat kimia adalah dimana bahan tersebut mampu menahan adanya zat kimia yang dikenakan pada bahan tersebut. Misalnya apakah bahan itu larut atau terjadi reaksi apabila terkena larutan asam, basa, dan garam. Apakah terjadi oksidasi bila terkena larutan atau bahan lain.

Kelarutan bahan tersebut terhadap zat kimia berhubungan erat dengan ketahanan bahan terhadap lingkunganya. Misalnya korosi pada logam, peristiwa ini disebabkan oleh reaksi kimia langsung dan elektro kimia, maka sifat kimia dari suatu logam sangat perlu diketahui dalam hal pemlihan bahan untuk suatu konstruksi.

d) **Sifat Biologis/Teknologi**

Sifat teknologis merupakan kemampuan suatu bahan dalam proses pengerjaanya secara teknis. Sifat-sifat itu meliputi; kemampuan bahan untuk kilas, kemampuan untuk dikerjakan dengan mesin, kemampuan untuk bahan tuangan dan kemampuan untuk penempaan. Sifat-sifat teknologis dari suatu bahan itu perlu diketahui sebelum pengolahan bahan dilakukan, misalnya mampukah bahan itu dikerjakan dengan mesin bubut dengan hasil yang baik, dapatkah bahan itu dituang atau di cor tanpa penyusutan ukuran dan sebagainya.

Dalam hubunganya dengan sifat mekanis suatu logam, dapat dibedakan dalam berbagai keadaan beban sebagai berikut :

- Sifat Mekanis dalam Pembebanan Tarik

  Bila suatu logam menerima baban tarik, maka logam tersebut akan mengalami perubahan bentuk dan ukuran akibat beban yang diterimanya, jika perubahan bentuk dan ukuran tersebut menjadi hilang kembali setelah beban dilepaskan, bahan tersebut dikatakan memiliki

sifat elastic dan perubahan bentuknya disebut deformasi elastic. Jika perubahan bentuk dan ukuran tersebut tetap ada meskipun beban telah dilepaskan dan mengalami pertambahan panjang atau pengecilan penampang, bahan tersebut bersifat plastils dan perubahan bentuknya disebut deformasi plastic.

- Sifat Mekanis dalam Pembebanan Dinamis

  Kekuatan suatu logam dalam menerima beban bolak-balik, serta kemampuan untuk menahannya dalam beberapa kali, bahan tersebut dikatakan tahan patah (ulet). Beban yang diterimanya desebut beban dinamis, sedangkan tegangan bolak-balik tertinggi yang mampu ditahan oleh bahan itu disebut batas kelelahan atau tegangan patah. Pafa baeban tarik dan baban dinamis, apabila patahanya berserat halus, berbentuk lancip dan adakalanya berbentuk mangkuk dinamakan patahan liat. Ababila patahanya hamper rata berkristal kasar dikatakan patahan getas.

- Sifat Mekanis pada Beban Kejut
  Beban kejut umumnya diterima oleh bahan pada saat ada gaya pukul atau beban yang diterima secara tiba-tiba. Suatu bahan yang memiliki ketahanan patahan pada beban kejut dan pada suhu yang tinggi, disebut bahan itu liat atau ulet. Dalam suatu pembebanan sampai patah apabila berlangsung pafa suhu yang lebih tinggi dan besarnya gaya yang diterima lebih besar, bahan itu dikatakan lebih liat. Apabila gaya yang diterimanya lebih kecil dan dengan suhu yang lebih rendah dikatakan bahan itu lebih getas.

- Sifat Mekanis untuk Kekerasan Bahan

  Kekerasan adalah sifat mekanis dari suatu bahan terhadap perubahan bentuk karena suatu goresan atau penekanan. Suatu bahan yang mampu menahan goresan dari bahan lain dan tidak tergores, berarti bahan itu lebih keras.

  Jika nagan tersebut mampu menahan goresan, berarti akan mampu digunakan untuk menahan beban gesek yang berarti tahan terhadap keausan dan dapat dikerjakan dengan mesin.

- Sifat Mekanis terhadap Beban Geser dan Puntiran

  Beban geser adalah pembebanan yang terjadi pada tempat berlainan pada arah yang berbeda atau pada arah berlawanan. Pada pembebanan yang demikian ini bahan akan mendapat kemungkinan pembengkokan dan memuntir. Suatu bahan dikatakan memiliki kekuatan bengkok yang besar atau memiliki kekuatan puntir yang besar, apabila bahan tersebut mampu menahan gaya puntiran yang besar serta memilliki strustur Kristal yang homogeny (rapat), bengkokan dan puntiran ini berhubungan erat dengan sifat ketahanan tarik dan kekerasan bahan.

- Sifat Mekanis dalam Peredaman

  Sifat redam suatu bahan adalah sifat bahan dalam menerima beban kejut atau getaran. Bahan memiliki sifat redam yang baik apabila tahanan redamnya besar. Tahanan redam adalah kemampuan bahan untuk meredam getaran dan beban yang tiba-tiba, sedangkan tahanan redam suatu bahan dikatakan tinggi apabila

bahan tersebut dapat lebih besar menahan suatu getaran. Pengetahuan mengenai sifat redam dari suatu bahan akan membserikan kemungkinan pemilihan bahan yang baik untuk penumpu atau badan perkakas mesin dan alat-alat lain yang baik untuk badan perkakas mesin dan alat-alat lain yang dalam kerjanya banyak menerima getaran.

- Sifat Mekanis terhadap Pengubahan Bentuk

Sifat ini penting sekali diketahui untuk pertimbangan dalam pengolahan bahan mengubah bentuk. Kemampuan suatu bahan dalam keadaan padat untuk dapat diubah ke bentuk yang tetap tanpa retak dan pecah disebut sufat plastis. Apabila bahan tersebut mudah dibentuk dengan baik tanpa retak, dikatakan bahan tersebut memiliki sifat plastis yang baik. Sebaliknya apabila sukar diolah menjadi suatu bentuk baru atau dapat dibentuk tetapi retak, dikatakan bahan tersebut kurang plastis.

Logam yang tidak plastis pada suhu tinggi disebut getas panas, yaitu mudah retak karena perubahan bbentuk akibat beban pada suhu tersebut. Apabila gejala ini terjadi pada suhu normal disebut getas dingin.

Kurangnya sifat plastis bisa disebabkan karena letak atom-atom daei kisi yang tidak teratur, atau pada paduan logam yang tidak homogeny, sehingga kandungan bebeapa logam itu mempunyai titik cair yang sama, fase yang lain mempunyai titik cair yang rendah dan fase lainnya mempunyai titik cair yang lebih tinggi.

- Sifat Penjalaran

  Sifat penjalaran adalah pertambahan panjang secara terus-menerus pada beban yang konstan. Bila suatu bahan mengalami pembebanan tarik tertentu dan tetap, maka pertambahan panjangnya tidak akan berhenti sampai batas putusnya. Sifat penjalaran ini juga berhubungan dengan keuletan dan kekerasanya.

- Sifat Penekanan

  Bahan dikatakan getas apabila sifat tekananya lebih tinggi dari pada sifat tariknya, bahan yang keras lebih kuat menahan beban tekan dari padap menahan beban tarik, sebaliknya beban yang lunak tetapi ulet akan lebih mampu beban tarik dari pada menahan beban tekan.

4. Jenis, Sifat dan Kegunaan Logam Non Ferro

Logam non ferro dapat digolongkan kedalam logam non ferro berat dan logam non ferro ringan. Sifat mekanik logam non ferro pada umumnya kurang baik, akan tetapi dapat diperbaiki dengan memadukannya. Kebanyakan dari logam non ferro adalah tahan korosi karena adanya lapisan oksida yang kuat. Sedangkan bebetapa logam non feerro mempunyai daya penghantar listrik dan daya penghantar panas yang baik.

a) Logam berat dan logam ringan

Logam dapat diklasifikasikan sebagai logam berat dan logam ringan. Logam berat dengan berat jenis lebih daei 5 kg/dm. sedangkan logam ringan dengan berat jenis kurang dari 5 kg/dm. logam berat dan logam ringan menurut keberadaanya terdapat dalam dua bentuk yaitu logam murni dan logam paduan.

Logam murni yaitu logam dengan sifat-sifat :

1) Kadar kemurnian 99,9%
2) Kekuatan tarik rendah
3) Titik lebur tinggi
4) Daya hantar listrik baik
5) Daya tahan terhadap karat baik

Logam paduan yaitu logam campuran dari dua macam logam atau lebih yang dicampur satu sama lain dalam keadaan cair, sehingga mempunyai sifat-sifat :

1) Kekerasan dapat ditingkatkan dari kekerasan logam asalnya
2) Kekuatan tarik dapat diperbesar
3) Titik lebur dapat diturunkan atau dinaikkan dibandingkan logam-logam asalnya.

Macam-macam logam paduan yaitu :

1) Paduan tuang
2) Paduan tempa

Dalam logam paduan dikenal perbedaan antara paduan logam berat dan paduan logam ringan. Diantara paduan logam berat dan paduan logam berat yang kita kenal antara lain sebagai berikut.

a) Kuningan atau Loyang yaitu paduan antara tembaga dengan seng dan sedikit tambahan timbale.
b) Perunggu yaitu campuran antara tembaga, timah, sedikit seng dan timbale
c) Paduan nikel untuk logam-logam tahan karat, misalnya monel, metal dan sebagainya.
d) paduan seng untuk alat-alat ukur dan bagian-bagian mesin.

Logam-logam untuk paduan berat lainya dan kegunaan dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 1.1. Macam-macam Paduan dan Kegunaanya

No	Nama Paduan	Kegunaan
1	Wolfram / tungsten (W)	Untuk paduan baja, kawat pijar, dan bahan campuran elektoda las TIG / WIG
.2	Molibdenum (Mo)	Paduan baja, pipa-pipa, dan alat rontgen.
3.	Tantalum (Ta)	Untuk alat-alat kedokteran dan paduan lainya.
4.	Kromium (Cr)	Paduan baja tahan karat, pelapis logam dan pelindung tahan karat.
5.	Mangan (Mn)	Paduan Baja
6.	Vanadium (V)	Paduan baja tahan karat
7.	Kobalt (Co)	Paduan baja perkakas potong.
8.	Kadmium (Cd)	Paduan logam-logam bantalan, pelapis baja tahan uap racun dan sebagainya.
9.	Bismut (Bi)	Paduan bahan yang digunakan dalam sekering-keringnya.

Sedangkan untuk paduan logam ringan kita kenal antara sebagai berikut.

1) Alumunium dan paduanya yang banyak digunakan uantuk paduan logam ringan, misalnya duralumin yang biasa digunakan untuk badan pesawat terbang, kendaraan bermotor, kapal pesisir, alat-alat rumah tangga dan sebagainya.
2) Paduan magnesium dugunakan hanya bila dalam konstruksi mesin yang factor berat menjadi pertimbangan utama. Sebaba magnesium mempunyai daya gabung yang tinggi terhadap oksigen dan mudah terbakar.

3) Paduan titanium banyak digunakan untuk padauan alumunium sebagai logam ringan yang banyak dipakai pada konstruksi pesawat terbang.

b) Logam Mulia

Logam mulia adalah logam yang dalam keadaan tunggal sudah dapat dipakai sebagai bahan teknik, artinya dalam keadaan murni tanpa dicampur dengan bahan logam lain sudah dapat diproses menjadi barang jadi atau setengah jadi, dengan sifat-sifat yang baik sesuai dengan yang diinginkan. Pada umumnya bahan logam belum memilki sifat-sifat yang baik apabila tidak dicampur dengan bahan lainya dan tidak memenuhi syarat-syarat sebagai bahan teknik, kecuali logam mulia tersebut. Diantara logam mulia yang kita kenal adalah emas, perak, dan platina.

c) Logam radioaktif

Logam radioaktif adalah bahan yang menunjukan gejala radioaktif karena radionuklida. Radioktif adalah radiasi elektromagnetik dan penyebaran partikel pada saat terjadi perubahan spontan suatu inti atom atau disebabkan pembelahan inti secara spontan. Diantara logam radioaktif yang kita kenal adalah uranium, radium dan plutonium.

c. Rangkuman

1. Bahan teknik dapat digolongkan dalam kelompok logam dan bukan logam.
2. Dari semua golongan logam dapat dibedakan menjadi lima bagian yaitu logam berat, logam ringan, logam mulia, logam refraktori, dan logam radioaktif.
3. Besi murni adalah bahan uang lumak sedangkan zat arang (bukan logam) adalah bahan yang rapuh, paduan besi dengan zat arang menjadi baja yang keras dan liat.
4. Logam ferro juga disebut besi karbon atau baja karbon. Bahan dasarnya adalah unsur besi (Fe) dan karbon (C)

d. Tugas

1. Amati disekitar lingkunganmu yang terdekat bahan yang tergolong logam dan sebutkan jenisnya ?

e. Tes Formatif

Pilihlah salah satu kemungkinan jawaban yang menurut anda paling tepat dengan member tanda silang (X) pada huruf a, b, c, atau d.

1. Logam berat mempunyai berat jenis …….kg/dm.
   a. 4
   b. 5
   c. 6
   d. 7
2. Yang dimaksud logam ferro adalah ….
   a. Logam besi
   b. Logam berat
   c. Logam ringan
   d. Logam mulia

3. Besi tuang mempunyai kadar karbon (zat arang) antara …..
    a. 2,0 – 3,0 %
    b. 2,1 – 3,2 %
    c. 2,3 – 3,6 %
    d. 2,6 – 4,6 %
4. Kemampuan logam untuk menahan beban statis, dan dinamis disebut …
    a. Sifat teknologis
    b. Sifat kemis
    c. Sifat fisis
    d. Sifat mekanis
5. Kemampuan logam untuk menahan adanya zat kimia desibut…
    a. Sifat kemis
    b. Sifat fisis
    c. Sifat teknologis
    d. Sifat mekanis
6. Kemampuan logam dalam proses pengerjaan secara teknis disebut…
    a. Sifat fisis
    b. Sifat mekanis
    c. Sifat teknologis
    d. Sifat kemis
7. Kemampuan bahan menerima beban kejut atau getaran disebut…
    a. Sifat redam
    b. Sifat penjalaran
    c. Sifat tarik
    d. Sifat geser
8. Lgam mulia adalah logam seperti….
    a. Timbal, perak dan perunggu
    b. Emas, perak dan platina

c. Tembaga, alumunium dan nikel
d. Perak, nikel dan alumunium

9. Unsur paduan untuk perkakas potong adalah ….
   a. Silisium (Si)
   b. Kobalt (Co)
   c. Mangan (Mg)
   d. Karbon (C)
10. Kebanyakan dari logam non ferro adalah tahan terhadap ….
   a. Korosi
   b. Tidak tahan korosi
   c. Mudah korosi
   d. Tahan panas

Cocokanlah jawaban anda dengan kunci jawaban yang terdapat pada bagian akhir Buku Materi Pokok ini. Hitunglah jumlah jawaban anda yang benar, kemudian gunakanlah rumus dibawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi Kegiatan Belajar ini.

f. lembar Jawaban Tes Formatif

1. B
2. A
3. C
4. D
5. A
6. C
7. A
8. B
9. B
10. A

g. Lembar Kerja Peserta Didik

Jawablah pertanyaan dibawah ini dengan singkat dan jelas !

1. Uraikan dengan singkat logam ferrro dan logam non ferro ?
2. Jelaskan jenis, sifat dan kegunaan logam non ferro ?
3. Apa yang dimaksud sifat mekanis pada logam ?
4. Jelaskan kegunaan logam non ferro ?

2. KEGIATAN BELAJAR 2

a. Tujuan Belajar

Siswa dapat mengklasifikasikan, mengidentifikasi, memilih bahan bukan logam serta sifat-sifatnya.

b. Uraian Materi

Bahan bukan logam digunakan dalam bidang teknik, karena memiliki sifat-sifat yang dibutuhkan dari suatu bagian konstruksi yang tidak dimiliki oleh bahan lain. Selain itu bahan bukan logam digunakan untuk menggantikan pemakaianya logam pada beberapa alat dan bagian konstruksi, karena bahan bukan logam memiliki sigat yang mirip dengan logam.

Bahan sintetis banyak digunakan pada industry permesinan, dari industry kecil sampai industry besar. Pengolahan bahan-bahan sintetis lebih murah dibandingkan dengan bahan yang didapat dari pertambangan. Sehingga kalau ditinjau dari segi ekonomi dan proses, bahan sintetis lebih murah dan lebih cepat dari pada bahan tambang.

Logam-logam besi merupakan logam dan paduan yang mengandung besi (Fe) sebagai unsur utamanya.

Logam-logam non besi merupakan meterial yang mengandung sedikit atau sama sekali tanpa besi. Dalam dunia teknik mesin, logam (terutama logam besi / baja) merupakan material yang paling banyak dipakai, karena pada umumnya kuat, ulet, dan mudah dibuat dalam berbagai bentuk praktis, tetapi material-material lain juga tidak dapat diabaikan. Material non logam sering digunakan karena meterial tersebut mempunyai sifat yang khas yang tidak dimiliki oleh material logam.

Material non logam dapat dibedakan menjadi beberapa golongan, yaitu:

- Keramik
- Plastik (polimer)
- Komposit

Material keramik merupakan material yang terbentuk dari hasil senyawa (compound) antara satu atau lebih unsur-unsur logam (termasuk Si dan Ge) dengan satu atau lebih unsur-unsur non logam. material jenis keramik semakin banyak digunakan, mulai berbagai abrasive, pahat potong, batu tahan api, kaca, dan lain-lain, bahkan teknologi roket dan penerbangan luar angkasa sangat memerlukan keramik.

Contoh keramik : silikon oksida, aluminium oksida, kalsium oksida, magnesium oksida, kalium oksida dan natrium oksida.

Plastik (polimer) adalah material hasil rekayasa manusia, merupakan rantai molekul yang sangat panjang dan banyak molekul MER yang saling mengikat. Pemakaian plastik juga sangat luas, mulai peralatan rumah tangga, interior mobil, kabinet radio/televisi, sampai konstruksi mesin.

Polimer yang dapat dibentuk kembali dengan pemanasan disebut termoplastik, sedangkan yang tidak dapat dibentuk kembali disebut termoset.

Contoh polimer : polietilen, polipropilen, polivinilklorid dan lain-lain.

Komposit merupakan material hasil kombinasi dari dua material atau lebih, yang sifatnya sangat berbeda dengan sifat masing-masing material asalnya. Komposit selain dibuat dari hasil rekayasa manusia, juga dapat terjadi secara alamiah, misalnya kayu, yang terdiri dari serat selulose yang berada dalam matriks lignin. Komposit saat ini banyak dipakai dalam konstruksi pesawat terbang, karena mempunyai sifat ringan, kuat dan non magnetik.

Komposit buatan manusia biasanya merupakan gabungan antara material serat yang kuat seperti serat kaca, karbon atau boron yang

digabungkan dalam matriks resin seperti epoxy atau polimer. Kelebihan komposit adalah sifatnya yang dapat diatur. Salah satu cara pengaturan sifat pada material komposit adalah dengan mengubah arah orientasi, susunan, dan sudut material penyusunnya.

Sifat mekanik adalah sifat yang menyatakan kemampuan suatu material / komponen untuk menerima beban, gaya dan energi tanpa menimbulkan kerusakan pada material/komponen tersebut.

1) Plastik

Plastik merupakan bahan yang sangat penting dalam dunia permesinan dan industry modern. Plastik adalah bahan sintetis berasal dari minyak mineral, gas alam, atau dibuat dari bahan asal batu bara, batu kapur, udara, air dan juga dari binatang dan tumbuh-tumbuhan. Pengolahanya dapat dikerjakan pada proses panas dan tekanan.

Sifat-sifat plastik pada umumnya adalah sebagai berikut.

a. Tahan korosi oleh atamosfer ataupun ole beberapa zat kimia.
b. Berat jenisnya cukup rendah, sebagian dapat mengapung dalam air.
c. Cukup ulet dan kuat, tetapi kekuatanya dibawah logam.
d. Bahan termoplastik mulai melunak pada suhu yang rendah, sedikit mempunyai wujud yang menarik dan dapat diberi warna, ada yang transparan.

Sifat mekanik dari plastic adalah tidak mudah pecah dan rapuh. Beberapa bahan plastic koefisien gesekanya sangat rendah sehingga sering digunakan sebagai bantalan kering.

Keburukan-keburukan dari plastik adalah sebagai berikut :

a. Kecenderungan memuai yaitu menjadi lebih panjang dengan adanya beban.
b. Suhu diatas 200^0 C sifatnya menjadi kurang baik.

c. Terjadi perubahan polimer selama pemakaianya yang kemungkinan sekali karena aksi dari sinar ultra violet.

Bahan plastik dibagi dalam dua golongan yaitu plastic termoseting dan thermoplastic.

(a) Termoseting

Bahan ini keras dan mempunyai daya tahan panas yang tinggi. Proses pengerjaan plastik termoseting adalah sebagai berikut. Bahan baku (resin) berbentuk biji-biji kering dan bahan tambahan dimasukkan kedalam cetakan lalu dipanaskan hingga 150^0 C, kemudian ditekan dengan gaya kira 150 atm. Bahan ini akan mencair dan memenuhi model. Selanjutnya dipanasi lagi sehingga bahan tersebut mengeras, lalu tutup cetakan dibuka dam benda tersebut diangkat. Proses itu berlangsung pada temperatur tinggi. Untuk mendapatkan permukaan benda yang halus cetakan haris dipoles, terutama digunakan dalam pembuatan alat-alat listrik, *tread bushing,* dan *bearing bushing.*

(b) Termoplastik

Termoplastik tersusun dari molekul-molekul panjang. Jikalau molekul panjang itu diumpakan sebagai sebuah garis yang ditarik dan kita letakkan dua buah molekul panjang berdampingan maka memperlihatkan suatu gambaran dari suatu termoplas dalam keadaan padat.

Jika termoplas dipanaskan untuk menjaga keseimbangan maka molekul panjang akan bergerak lebih banyak. Suhu pemanasan yang menyebabkan proses ini dinamakan suhu pelunak. Bila termoplastik dipanaskan lebih lama, molekul panjang akan satu sama lain. Suhu pada saat tersebut dinamakan suhu lumer dan bahan menjadi cair.

Jika termolas dipanaskan untuk menjaga keseimbangan maka molekul panjang akan bergerak lebih banyak. Suhu pemanasan yang menyebabkan proses ini dinamakan suhu pelunak. Bila termoplastik dipanaskan lebih lama, molekul panjang akan bergerak keluar dari keseimbanganya dan berpindah tempat terhadap satu sama lain. Suhu pada saat tersebut dinamakan suhu lumer dan bahan menjadi cair.

Antar fasa padat dan cair terdapat fasa antar tambahan, saat itu bahan berada dalam keadaan lunak. Dalam keadaan itu bahan dikatakan plastic. Jadi termoplastik adalah bahan yang menjadi plastis karena pemanasan dan bentuknya dapat diubah dalam deadaan plastis itu. Bahan-bahan termoplastik adalah polietilen, polivinil khorida, polistiren, poliamide, dan poliester.

(1) **Metode pembentukan termoplastik yaitu :**

- Proses pembentukan vakum, pembentukan cara ini dilakukan untuk komponen yang relatif besar, dalam metode ini tidak dibutuhkan cetakan yang mahal ataupun mesin yang mahal.
- Pembentukan dengan injeksi, pembentukan injeksi khususnya dilakukan untuk polistiren, politilen, poliamide. Resin tersebut pertama-pertama dipanaskan pada silinder pemanas kemudian ditekan melalui lubang laluan menuju ke cetakan yang mana dengan pendinginan akan menjadi cepat padat.
- Pembentukan dengan proses ekstrusi, mesin extruder dapat juga digunakan untuk pembentukan injeksi tetapi terutama untuk menghasilkan bahan-bahan yang panjang seperti lembaran plastic, pelapis kabel, pipa plastic, dan film. Ekstrusi adalah proses yang menggunakan panas dan tekanan untuk melelehkan polietelin dan polivinil klorida yang didorong melewati

cetakan dengan ukuran yang sangat teliti pada produksi bersambung.

2) Bahan Isolasi

Bahan isolasi adalah bahan yang menyekat, artinya yang tidak menghantarkan. Bahan isolasi dibedakan atas bahan penyekat listrik, penyekat suara, penyekat getaran, penyekat panas, penyekat panas, penyekat banguan, dan bahan penyekat konstrksi bangunan mesin.

(a) Bahan penyakit listrik, bahan ini harus tahan terhadalp tegangan, arus listrik da tidak boleh menghantarkan listrik, walaupun lembabnya udara dan buruknya keadaan suhu. Bahan-bahan pembangkit listrik yaitu sebagai berikut :

- Produk alam yaitu mika (kolektor) dan asbes (oven listrik).
- Bahan keramik yaitu porselan dan steatif (isolator) dan kaca (lampu dan pipa)
- zat cair yaitu minyak isolasi (transformator dan kabel) dan lak isolasi (kawat)
- Lapisan tekstil dan kertas yang diintegrasikan yaitu prestan (isolasi alur), kertas isolasi (kondensator), dan tekstil isolasi (kumparan).
- Produk organic sintetis yaitu polietin, polivinil klorida, polisterin dan karet (kawat dan kabel), dan formaldehid (bahan penghubung).

(b) Bahan penyekat suara, bahan ini harus sedikit mungkin dapat ditembus suara dan bahan ini sangat penting dalam konstruksi bangunan kapal. Zat penyekat suara yang paling baik ialah udara dinding. Sifat ini digunakan pada konstruksi dinding berganda yaitu terdiri dari dua dinding terpisah sama sekali. Bahan penyekat suara yang lain adalah pelat serat kayu, pelat kumparan lunak (soft brand plate), dan pelat jerami.

(c) Bahan penyakit getaran, bahan ini harus dapat meredam getaran dalam konstruksi bangunan-bangunan mesin dan kendaraan. Bahan penyekat getaran yang terpenting adalah kulit dan karet.

(d) Bahan penyekat panas, bahan ini tidak boleh menghantarkan panas dari konstruksi bangunan gedung dan konstruksi bangunan mesin. Bahan penyekat panas harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- Koefisien panas harus rendah
- Daya tahan lembab yang baik
- Daya tahan suhu yang tinggi
- Masa jenis yang rendah

(e) Bahan penyekat bangunan, yang baik adalah udara diam mempunyai koefisien daya hantar yang paling rendah yaitu 0,02 J / det ^{0}Cm. konstruksi dinding berlaois dimana udara diam terdapat suara yang baikk, juga bekerja sebagai isolasi panas yang sempurna. Bahan penyekat panas yang lain ialah kayu, pelat gabus, pelat kamar buatan, pelat beton batu apung, pelat semen asbes, dan kertas yang dipreparasikan.

3) Bahan paking

Bahan paking ialah bahan yang digunakan untuk perapat ruangan yang berisi zat cair atau gas. Sifat perapatanya dibedakan atas dua jenis yaitu :

(a) Perapat statis, adalah perapatan bagian yang tidak bergerak terhedap satu sama lain, seperti paking tutup silinder head, karter, dan lain-lainya.

(b) Perapat dinamis, adalah perapatan bagian-bagian yang bergerak terhadap satu sama lain. Perapatan dinamis ini dapat dibedakan dalam dua kelompok, yaitu perapatan bagian-bagian yang bergerak bolak-balik terhadap satu sama lain.

Bahan paking dibedakan dalam kelompok bukan metalik, setengah metalik dan metalik.

(a) Bahan paking bukan metalik.

(1) Alat perapat statis

- Kertas dan karton, bahan yang terbuat dari campuran serat yang ditambah dengan perkat dan bahan pengisi. Sebagai serat digunakan serat kayu, serat kain tua, serat jerami dan serat kertas tua.
- Fiber, bahan terdiri dari lapisan-lapisan kertas yang diimpregnasikan (dijenuhkan) dengan damar buatan, fiber ini biasanya digunakan sebagai paking pelat.

(2) Alat perapat statis dan dinamis

- Kulit, adalah bahan kulit binatang yang disamak dengan asam krom mineral dinamakan kulit krom. Kulit selain dipakai dalam bentuk gelang juga paking pelat-pelat, terutama digunakan dalam bentuk manset sebagai paking perapat untuk batang.
- Karet, bahan ini terbuat dari karet alam dan jenis karet sinetis karena kekenyalanya yang besar termasuk bahan paking yang terbaik. Akan tetapi bahan paking ini hanya sesuai untuk media tertentu yaitu suhu, tekanan, dan kecepatan yang tidak terlampau tinggi. Paking karet digunakan untuk perapat pipa-pipa air, dan lain-lain.
- Asbes, adalah silikat magnesium yang ditemukan di alam dalam bentuk serat. Dalam bentuk itu daya tahan suhunya kira-kira 500^0C, akan tetapi, asbes biasanya diberi campuran karet dan grafit. Asbes digunakan sebagai paking pelat dan paking sumbat tabung, paking ini dibuat dalam berbagai bentuk.

(3) Alat perapat dinamis

- Katun dan rami, bahan ini berasal dari tumbuh-tumbuhan, seperti benang kenaf, katun, dan rami diimpregnasikan dengan bahan pelumas yang dipilih secara khusus dan dijalin menjadi paking bujur sangkar untuk digunakan sebagai paking sumbat tabung.

(b) Bahan paking setengah metalik.

(1) Alat perapat statis

- Karet dengan kasa tembaga, tersedia dalam bentuk palet.
- Asbes dengankasa tembaga, paking ini terdiri dari kain asbes yang ditenun dengan tembaga. Keseluruhanya diimpregnasikan dengan suatu massa tahan panas dan kemudian diberi grafit pada salah satu sisi atau kedua belah sisinya.
- Asbes dengan kasa baja, pada kedua belah sisi kasa baja yang ditenun rapat dan kuat ditempelkan dengan tekanan tinggi suatu lapisan tipis.
- Asbes dengan salut tembaga yang tipis, asbes diberi sati lapisan tipis salut tembaga dan dapat diperoleh sebagai barang jadi (gelang dan paking kepala).

(c) Bahan paking metalik

(1) Alat perapat statis, yerbuat dari baja, tembaga, Loyang, timbel, aluminium, dan nikel. Bahan ini digunakan dalam bentuk gelang persegi panjang, bulat, bulat telur, bentuk lensa, atau bentuk lain yang diinginkan.

(2) Alat perapat dinamis terbuat dari bahan logam putih yang digunakan sebagai paking sumbang tabung dalam berbagai bentuk.

c. Rangkuman

1. Bahan bukan logam digunakan dalam bidang teknik, karena memiliki sifat-sifat yang dibutuhkan dari suatu bagian konstruksi yang tidak dimilki oleh bahan ini.
2. Bahan sinetis banyak digunakan pada industry permesinan, dari industry kecil sampai industry besar.
3. Pengolahan bahan-bahan sintetis lebih murah dibandingkan dengan bahan yang didapat dari pertambangan.
4. Plastik merupakan bahan yang sangat penting dalam dunia permesinan dan industry modern.
5. Plastic adalah bahan sintetis berasal dari minyak mineral, gas alam, atau dibuat dari bahan asal batu bara, batu kapur, udara air dan juga dari binatang dan tumbuh-tumbuhan.
6. Sifat-sifat mekanik dari plastic adalah tidak mudah pecah dan rapuh.
7. Bahan plastic koefisien geseknya sangat rendah sehingga sering digunakan sebagai bantalan kering.
8. Bahan plastic dibagai dalam dua golongan yaitu plastic termoseting dan thermoplastic.
9. Bahan isolasi adalah bahan yang menyekat, artinya yang tidak menghantarkan. Bahan isolasi debedakan atas bahan penyekat listrik, penyekat suara, penyekat getaran, penyekat bangunan, dan bahan penyekat konstruksi bangunan mesin.

d. Tugas

1. Amati di seputar rumah atau sekolahmu yang termasuk bahan-bahan yang non logam ?

e. Tes Formatif

Pilihlah salah satu kemungkinan jawaban yang menurut anda paling tepat dengan memberikan tanda silang (X) pada huruf a, b, c, atau d.

1. Bahan bukan logam diantaraya adalah…
   a. Nikel
   b. Plastic
   c. Aluminium
   d. Timbale

2. Sifat-sifat dari bahan plastic adalah…
   a. Tahan korosi, Berat jenis rendah, ulet dan kuat
   b. Tahan korosi, Berat jenis rendah, dan tahan panas tinggi
   c. Tahan benturan, Berat jenis rendah, ulet dan kuat
   d. Tahan korosi, Berat jenis besar, ulet dan kuat.

3. Keburukan-keburukan bahan plastik diantaranya adalah …
   a. Kecenderungan kuat, dan terjadi perubahan bahan.
   b. Kecenderungan ulet, dan terjadi perubahan bentuk.
   c. Kecenderungan getas, dan terjadi perubahan polimer.
   d. Kecenderungan memuai, dan terjadi perubahan polimer.

4. Proses pengerjaan plastic termoseting dipanaskan sampai ….^{0}C
   a. 130
   b. 140
   c. 150
   d. 60

5. Proses pembentukan termoplastik diantaranya dengan….
   a. Pembentukan dengan injeksi
   b. Pembentukan dengan tekanan
   c. Pembentukan dengan kekuatan
   d. Pembentukan dengan tempa

6. Bahan penyekat listrik yang sering digunakan adalah ….
   a. Kertas
   b. Aluminium
   c. Tembaga
   d. Bahan keramik

7. Bahan yang digunakan untuk perapat rongga yang berisi zat cair atau gas adalah ….
   a. Bahan paking
   b. Bahan tambang
   c. Bahan statis
   d. Bahan dinamis

8. Bahan perapat pipa-pipa air biasanya mengguanakan bahan ….
   a. Tembaga
   b. Aluminium
   c. Karet
   d. Timbel

9. Alat perapat stastis terbuat dari bahan ….
   a. Perak, tembaga, Loyang, timbel, aluminium, dan silisium
   b. Baja, tembaga, Loyang, timbel, aluminium, dan nikel.
   c. Besi, tembaga, Loyang, timbel, karbon, dan nikel
   d. Baja, timbel, aluminium, dan mangan

10. Alat perapat dinamis terbuat dari bahan ….
    a. Logam cor
    b. Logam abu-abu
    c. Logam coklat
    d. Logam putih

e. Lembar Jawaban Tes Formatif

1. B
2. A
3. D
4. C
5. A
6. D
7. A
8. C
9. B
10. D

g. Lembar Kerja Peserta Didik

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan singkat dan jelas ?

1. Bahan bukan logam banyak digunakan pada komponen permesinan, sebutkan.
2. Jelaskan bahan utama dari plastik.
3. Sebutkan sifat-sifat plastik pada umumnya.
4. Sebutkan kebutukan dari plastik.
5. Jelaskan metode pembentukan termoplastik

DAFTAR PUSTAKA

Adnyana, 1993. **Metalurgi Las (Welding Metalurgy),** Institut Sain dan Teknologi Nasional, Jakarta.

Bagyo Sucahyo, 1999. **Ilmu Logam,** PT.Tiga Serangkai Pustaka Mandiri, Surakarta.

Cubberly William H, 1983, **Metals Handbook Ninth Edition Vol.1 Properties and Selection Iron and Steels.** American Society For Metals, New York.

Hari Amanto dan Daryanto, 1999, **Ilmu Bahan,** Bumi Aksara, Jakarta.

Yanmar Diesel. 1980. **Buku Petunjuk Mesin Diesel Yanmar.** PT.Yanmar Indonesia. Jakarta.

Suyanto, 2001. **Bahan Bakar dan Minyak Lumas,** Sekolah Tinggi Perikanan, Jakarta.

Tata Surdia dan Sito Shinroku, 1999, **Pengetahuan Bahan Teknik,** Pradnya Paramita, Jakarta.

Warsowiwoho dan Gadhi Harahap, 1984. **Bahan Bakar, Pelumas, Pelumasan dan Servis,** Pradnya Paramita, Jakarta.

BAB 2. JENIS DAN KARAKTERISTIK KAYU

A. Deskripsi

Modul ini diharapkan dapat membantu siswa dalam mempelajari mata pelajaran Jenis dan Karakteristik Kayu. Kompetensi yang diharapkan dari modul ini, siswa memahami perbedaan jenis pohon berdaun lebar dan berdaun jarum, dan karakteristik kayu.

Dengan demikian siswa diharapkan memiliki pengetahuan dan wawasan tentang jenis-jenis pohon dan karakteristik kayu sehingga dalam bekerja sehari-hari baik dirumah, bengkel sekolah maupun di industry akan dapat melakukan pekerjaannya dengan baik, handal, berkualitas dan memiliki produktivitas yang tinggi.

B. Kegiatan Belajar

1. Kegiatan Belajar

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bahan ajar ini diharapkan siswa akan dapat :

1. Menjelaskan perbedaan jenis pohon berdaun lebar dengan pohon berdaun jarum
2. Menjelaskan bagian-bagian dari kayu
3. Menjelaskan sifat-sifat kayu
4. Menjelaskan cacat-cacat dari kayu

b. Uraian Materi

1. Pengertian Kayu

Kayu sebagai hasil hutan sekaligus sumber kekayaan alam, merupakan bahan mentah yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai dengan kemajuan teknologi. Kayu memiliki beberapa sifat yang istimewa, karena tidak dapat ditiru oleh bahan-bahan yang lain.

Dalam kehidupan sehari hari kita sudah sangat sering sekali menjumpai bahkan menggunakan kayu dalam berbagai kebutuhan. Dan kayu sudah sangat dikenal oleh semua orang di dunia. Namun apa sih sebenarnya kayu itu? Kayu adalah bagian batang atau cabang serta ranting tumbuhan yang mengeras karena mengalami lignifikasi (pengayuan).

Menurut Dumanauw.J.F kayu ialah sesuatu bahan, yang diperoleh dari hasil pemungutan pohon-pohon di hutan, yang merupakan bagian dari pohon tersebut, setelah diperhitungkan bagian-bagian mana yang lebih banyak dimanfaatkan untuk sesuatu tujuan penggunaan. Baik berbentuk kayu pertukangan, kayu industri maupun kayu bakar.

A. Bagian-bagian kayu :

1.1 Kulit kayu terdapat pada bagian terluar, yang terdiri dari :

a. Kulit Dalam (*Phloem*)/Bast

Kulit dalam berada tepat dibalik kulit luar sebatang pohon, diluar lapisan kambium, yang berfungsi menyampaikan makanan dari daun ke seluruh bagian kayu.

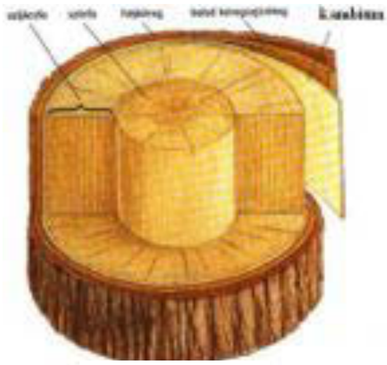
b. Kulit Luar (*Cortex*)/Outer Bark

Kulit luar merupakan pelindung bagi pohon yang sedang tumbuh, yang berfungsi mencegah penguapan dari lapisan kambium dan kayu gubal. Kulit kayu terdiri dari sel-sel berbentuk pembuluh-pembuluh dan mendapatkan makanan dari kulit dalam.

Apabila pohon tumbuh keluar, kulit luar akan pecah dan digantikan oleh lebih banyak kulit luar yang disalurkan oleh

kulit dalam. Adakalanya, dengan terbentuknya kulit luar yang baru, kulit luar lama yang telah mati terlepas dari pohon.

1.2 Kambium/Cambium



Gambar 2.1

Lapisan kambium merupakan jaringan yang lapisannya tipis dan bening, mengelilingi kayu, ke arah luar membentuk kayu baru sebagai pengganti kayu lama yang telah rusak dan ke arah dalam membentuk kayu baru. Kambium terletak diantara kulit dalam dan kayu gubal. Dengan adanya kambium ini maka pohon semakin lama bertambah besar.

1.3 Kayu

a. Kayu Gubal (*Alburmum*)



Gambar 2.2

Kayu Gubal merupakan bagian dari pohon yang melingkari kayu inti. Terdiri dari sel-sel yang masih hidup. Sel-sel kayu gubal membawakan air dan garam-gara lahan

yang selanjutnya menuju daun, untuk diubah sebagai sumber makanannya dan sekaligus berfungsi sebagi tempat menyimpan makanan. Kayu gubal tidak begitu berharga sebagai kayu pertukangan. Hal ini disebabkan karena adanya zat-zat tepung didalam selselnya yang dapat menyebabkan kayu tersebut mudah diserang serangga dan mudah lapuk. Tebal lapisan kayu gubal bervariasi menurut jenis pohon antara 2 cm sampai 10 cm dan relatif tetap sepanjang hidup pohon.

b. Kayu Teras

Terdiri dari sel-sel yang yang sudah tua atau mati. Kayu teras ini awalnya adalah kayu gubal yang menua sehingga tidak bisa berfungsi sebagai penyalur cairan atau zat hara dan sebagai penyimpanan hasil fotosintesis. Pada kayu teras dapat mengandung berbagai zat–zat ekstraksi yang memberikan warna gelap.

Hal ini berlaku untuk jenis-jenis kayu yang terasnya berisi tiloses. Pada beberapa jenis tertentu kayu teras banyak mengandung bahan-bahan ekstraktif, yang memberikan keawetan pada kayu tersebut. Untuk keperluan konstruksi yang dimanfaatkan adalah kayu teras.

1.4 Hati Kayu (Medulla)/Galih

Hati kayu terletak dipusat lingkaran tahun. Pada mulanya, hati kayu merupakan pohon muda yang pertama kali dibentuk oleh kambium yang kemudian menjadi pusat dari pohon yang tumbuh selanjutnya, yang merupakan komposisi lunak dari sel-sel yang sudah mati. Hati kayu bersifat rapuh atau lunak, sehingga tidak berguna sebagai kayu pertukangan.

1.5 Lingkaran Tahun (Annual Ring)



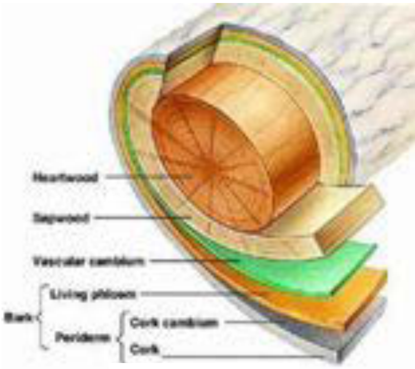
Gambar 2.3

Kondisi pertumbuhan suatu pohon ditentukan oleh lingkungan tumbuh yaitu iklim. Pada daerah yang mempunyai perbedaan musim yang jelas pengaruh iklim te buhan dapat

terlihat adanya perbedaan antara kayu yang terbentuk pada permulaan dan pada akhir musim. Perbedaan ini menunjukkan zona-zona berupa lingkaran yang mengelilingi sumbu batang, bagian yang renggang berwarna terang dan yang lebih rapat berwarna gelap secara bergiliran yang kedua-duanya terjadi

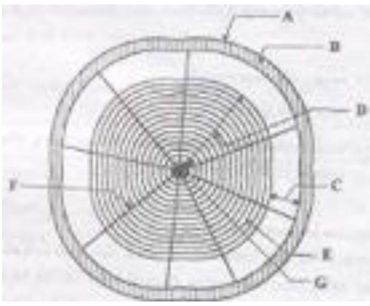
pada periode satu tahun. Zonazona yang berbentuk lingkaran ini yang disebut dengan lingkaran tahun. Pada musim kering, pertumbuhan diameter (membesar) terganggu disebabkan adanya pengguguran daun. Sehingga lingkaran tahun dapat terdiri lebih dari satu lingkaran tahun dalam satu musim yang sama. Hal ini disebut lingkaran semu. Lingkaran tahun ini dapat menunjukkan umur suatu pohon pada tempat tertentu.

1.6 Jari-Jari Kayu/Rays



Gambar 2.4

Jari-jari kayu adalah jaringan kayu yang dibentuk dengan susunan sel secara radial yang berfungsi menyampaikan makanan dari kulit dalam kebagian dalam pohon. Jari-jari teras mempunyai ukuran yang berbeda-beda pada pohon yang berlebihan. Sementara pada pohon oak, jari-jari pohon menampakkan sebuah pola yang indah pada potongan kayu.



Gambar 2.5 Bagian-Bagian Kayu
Sumber : vano-architect.blogspot.com

Keterangan :

A = Kulit luar (outer bark)
B = Kulit dalam (inner bark)
C = Kayu Gubal
D = Kayu Teras
E = Lapisan Kambium (lingkaran tahun)
F = Jari-jari teras
G = Kayu Hati (heartwood)

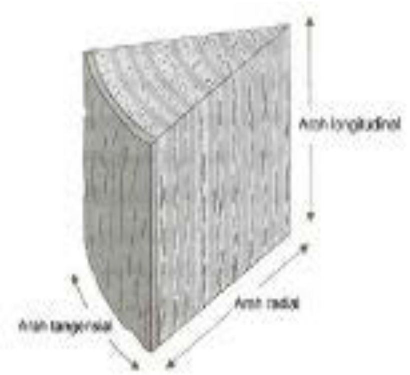
B. Sifat-sifat Kayu

Kayu merupakan hasil hutan yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai dengan kemajuan teknologi. Kayu memiliki beberapa sifat yang tidak dapat ditiru oleh bahan-bahan lain. Pemilihan dan penggunaan kayu untuk suatu tujuan pemakaian, memerlukan pengetahuan tentang sifat-sifat kayu. Sifat-sifat ini penting sekali dalam industri pengolahan kayu, sebab dari pengetahuan sifat tersebut tidak saja dapat dipilih jenis kayu yang tepat serta macam penggunaan yang memungkinkan, akan tetapi juga dapat dipilih kemungkinan penggantian oleh jenis kayu lainnya apabila jenis yang bersangkutan sulit didapat secara kontinyu atau terlalu mahal.

Kayu berasal dari berbagai jenis pohon yang memiliki sifat-sifat yang berbedabeda. Bahkan dalam satu pohon, kayu mempunyai sifat yang berbeda-beda. Dari sekian banyak sifat-sifat kayu yang berbeda satu sama lain, ada beberapa sifat yang umum terdapat pada semua jenis kayu yaitu :

1) Kayu tersusun dari sel-sel yang memiliki tipe bermacam-macam dan susunan dinding selnya terdiri dari senyawa kimia berupa selulosa dan hemiselulosa (karbohidrat) serta lignin (non karbohidrat).

2) Semua kayu bersifat **anisotropik** yaitu sifat-sifatnya elastis tergantung dari arah gaya terhadap serat-serat dan lingkaran tahun. Tetapi untuk keperluan-keperluan praktis kayu dapat dianggap **Ortotropis**, yang artinya mempunyai tiga bidang simetri elastis yang saling tegak lurus, yaitu Longitudinal (aksial), Tangensial, dan Radial. Dimana sumbu Longitudinal (



Gambar 2.6 Bentuk Gambar Arah Tangensial, Radial dan Longitudinal (Sumber : Awaluddin, ali. 2005. Konstruksi Kayu.. KTSM UGM : Yogyakarta)

aksial) adalah sejajar serat-serat, sumbu Tangensial adalah garis singgung cincin-cincin pertumbuhan, dan sumbu Radial adalah tegak lurus pada cincin-cincin pertumbuhan. Perubahan dimensi kayu akibat pengeringan dari perubahan suhu, kelembaban, pembebanan mekanis juga menunjukkan sifat kayu **anisotropis.**

3) Kayu merupakan bahan yang bersifat **higroskopis**, yaitu dapat menyerap atau melepaskan kadar air (kelembaban) sebagai akibat perubahan kelembaban dan suhu udara disekelilingnya.
4) Kayu dapat diserang oleh hama dan penyakit dan dapat terbakar terutama dalam keadaan kering.

a. Sifat Fisis Kayu

Diantara sifat fisis kayu yang paling penting adalah berat jenis dan sifat higroskopisitasnya. Sifat higroskopisitas kayu tidak lain adalah akibat adanya hubungan kayu dengan air, sedangkan berat jenis kayu erat hubungannya dengan massa dari zat penyusun kayu (Anonim 1999).

Kerapatan dan berat jenis. Menurut Brown et al. (1952), berat jenis kayu adalah perbandingan antara kerapatan kayu tersebut terhadap benda standart. Kerapatan adalah perbandingan antara massa atau berat benda terhadap volumenya. Air pada temperatur 40 °C atau 32,5 °F mempunyai kerapatan sebesar 1 g/cm3. oleh karna itu air pada temperatur tersebut dijadikan sebagai kerapatan standar. Berat kayu meliputi berat zat kayu sendiri, berat zat ekstraktif dan berat air yang dikandungnya. Jumlah zat kayu dan zat ekstraktif biasanya konstan, sedangkan jumlah air berubah-ubah. Oleh karna itu berat jenis dari sepotong kayu bervariasi tergantung dari kadar air yang dikandungnya. Untuk mendapat keseragaman, maka pada umumnya dalam penentuan berat jenis kayu, berat ditentukan dalam keadaan kering tanur. Dalam keadaan kering tanur, volume kayu akan mencapai minimum sedangakan air yang dikandungnya sangat kecil, kurang lebih 1% dari berat kayu (Brown et al. 1952). Brown et al. (1952)

menyatakan bahwa berat jenis kayu bervariasi diantara berbagai jenis pohon dan diantara pohon dari satu jenis yang sama. Variasi ini juga terjadi pada posisi yang berbeda dari satu pohon. Adanya variasi jenis kayu tersebut disebabkan oleh perbedaan dalam jumlah zat penyusun dinding sel dan kandungan zat ekstraktif per unit volume.

Kadar Air Brown et al. (1952) menyatakan kadar air kayu adalah banyaknya air yang terdapat dalam kayu yang dinyatakan dalam persen terhadap berat kering tanurnya. Dengan demikian standar kekeringan kayu adalah pada saat kering tanur. Air dalam kayu tediri dari air bebas dan air terikat dimana keduaanya secara bersama-sama menentukan kadar air kayu. Dalam satu pohon kadar air segar bervariasi tergantung tempat tumbuh dan umur pohon (Haygreen dan Bowyer, 1993). Kollmann dan Cote (1968) menyatakan bahwa biasanya kayu akan bertambah kuat apabila terjadi penurunan kadar air, terutama bila terjadi dibawah titik jenuh serat. Wangaard (1950) menyatakan bahwa kekuatan kayu sebagai balok (lenturan) dan sebagai kolom (tekan sejajar serat) akan bertambah besar bila kondisi kayu tersebut bertambah kering, kecuali keuletannya.

1) Berat Jenis

   Berat jenis kayu biasanya berbanding lurus dengan kekuatan daripada kayu atau sifat-sifat mekanisnya. Makin tinggi berat jenis suatu kayu maka makin tinggi pula kekuatannya.
   Mengingat kayu terbentuk dari sel-sel yang memiliki bermacam-macam tipe, memungkinkan terjadinya suatu penyimpangan tertentu. Pada perhitungan berat jenis kayu semestinya berpangkal pada keadaan kering udara, yaitu sekering-keringnya tanpa pengeringan buatan .

   Berat jenis didefenisikan sebagai angka berat dari satuan volume suatu material. Berat jenis diperoleh dengan membagikan berat kepada volume benda tersebut.

Berat jenis juga didefenisikan berat jenis relatif benda tersebut terhadap berat jenis standard, dalam hal ini berat jenis air dalam gr / cm3. Air dipakai sebagai bahan standard karena berat 1 cm3 adalah 1 gr. Dapatlah dikatakan bahwa berat jenis suatu benda adalah berat benda tersebut relatif terhadap berat jenis standard yaitu air.

2) Keawetan

Keawetan adalah ketahanan kayu terhadap serangan dari unsur-unsur perusak kayu dari luar seperti jamur, rayap, bubuk dll. Keawetan kayu tersebut disebabkan adanya zat ekstraktif didalam kayu yang merupakan unsur racun bagi perusak kayu. Zat ekstraktif tersebut terbentuk pada saat kayu gubal berubah menjadi kayu teras sehingga pada umumnya kayu teras lebih awet dari kayu gubal.

3) Warna

Warna kayu bermacam-macam seperti kuning, coklat muda, coklat tua, kehitam-hitaman, kemerahan dan lain-lain. Kadang kala warna kayu dapat dengan mudah mengidentifikasi jenis kayu tersebut. Pada pengenalan kayu, warna kayu yang dipakai adalah warna kayu terasnya. Warna kayu dapat berbeda karena dipengaruhi zat ekstraktif yang dikandung kayu dan dipengaruhi oleh fakor – factor seperti tempat di dalam pohon, umur pohon dan kelembaban.

4) Tekstur

Tekstur adalah ukuran relatif sel-sel kayu. Berdasarkan teksturnya, kayu digolongkan kedalam kayu bertekstur halus (contoh: giam, kulim dll), kayu bertekstur sedang (contoh: jati, sonokeling dll) dan kayu bertekstur kasar (contoh: kempas, meranti dll).

5) Arah Serat

Arah serat dapat ditentukan oleh alur-alur yang tedapat pada permukaan kayu. Jika alurnya sejajar sumbu batang maka kayu berserat lurus. Jika serat agak menyimpang sumbu batang

dikatakan serat mencong. Serat mencong dibagi lagi menjadi serat berpadu, serat berombak, serat berpilin dan serat diagonal.

Serat dikatakan berpadu jika arah serat menyimpang berselang seling kekiri dan kekanan secara bergantian terhadap sumbu batang. Serat berombak, arah seratnya menggambarkan permukaan yang berbentuk ombak. Serat berpilin jika arah seratnya membuat gambaran terpilin seolah-olah batang kayu mengelilingi sumbu. Serat diagonal yaitu serat yamg dapat pada potongan kayu atau papan yang digergaji sedmikian rupa sehingga tepinya tidak sejajar arah sumbu tetapi memebentuk sudut dengan sumbu.

6) Kesan Raba

Kesan raba adalah kesan yang diperoleh pada saat meraba permukaan kayu (kasar, halus, licin, dingin, berminyak dll). Kesan raba tiap jenis kayu berbeda-beda tergantung dari tekstur kayu, kadar air, kadar zat ekstraktif dalam kayu.

7) Bau dan Rasa

Bau dan rasa kayu mudah hilang bila kayu lama tersimpan di udara terbuka. Beberapa jenis kayu mempunyai bau yang merangsang dan untuk menyatakan bau kayu tersebut, sering digunakan bau sesuatu benda yang umum dikenal misalnya bau bawang (kulim), bau zat penyamak (jati), bau kamper (kapur) dsb.

8) Nilai Dekoratif

Nilai dekoratif tergantung dari warna kayunya, pola dan arah serat kayu kilap kayunya serta sifat kayunya terhadap zat pemutih, pengisi, politer dan sebagainya. Kayu yang memiliki dekoratif tinggi biasanya di utamakan untuk membuat perabot rumah tangga daripada untuk keperluan arsitektur. Kayu yang memiliki nilai dekoratif antara lain Oak, Jati, Rengas dan Ebony.

9) Kadar air (kadar lengas) kayu

Kayu sebagai bahan bangunan dapat mengikat air dan juga dapat melepaskan air yang dikandungnya. Keadaan seperti ini tergantung pada kelembaban suhu udara disekelilingnya dimana kayu itu berada.

Kayu mempunyai sifat peka terhadap kelembaban. Karena pengaruh kadar airnya menyebabkan mengembang dan menyusutnya kayu serta mempengaruhi pula sifat-sifat fisik dan mekanis kayu. Kadar air sangat besar pengaruhnya terhadap kekuatan kayu, terutama daya pikulnya terhadap tegangan desak sejajar arah serat dan juga tegak lurus arah serat kayu.

Sel-sel kayu mengandung air, yang sebagian merupakan bebas yang mengisi dinding sel. Apabila kayu mengering, air bebas keluar dahulu dan saat air bebas itu habis keadaannya disebut titik jenuh serat (Fiber Saturation Point). Kadar air pada saat itu kira-kira 25 % - 30 %. Apabila kayu mengering dibawah titik jenuh serat, dinding sel menjadi semakin padat sehingga mengakibatkan serat-seratnya menjadi kokoh dan kuat. Maka dapat diambil suatu kesimpulan bahwa turunnya kadar air mengakibatkan bertambahnya kekuatan kayu.

Pada umumnya kayu-kayu di Indonesia yang kering udara mempunyai kadar air (kadar lengas) antara 12 % - 18 % , atau rata-rata adalah 15 % .

10) Sifat Kayu terhadap Suara, yang terdiri dari :

a. Sifat akustik, yaitu kemampuan untuk meneruskan suara berkaitan erat dengan elastisitas kayu.
b. Sifat resonansi, yaitu turut bergetarnya kayu akibat adanya gelombang suara. Kualitas nada yang dikeluarkan kayu sangat baik, sehingga kayu banyak dipakai untuk bahan pembuatan alat musik (kulintang, gitar, biola dll).

11) Daya Hantar Panas

Sifat daya hantar kayu sangat jelek sehingga kayu banyak digunakan untuk membuat barang-barang yang berhubungan langsung dengan sumber panas.

12) Daya Hantar Listrik

Pada umumnya kayu merupakan bahan hantar yang jelek untuk aliran listrik. Daya hantar listrik ini dipengaruhi oleh kadar air kayu. Pada kadar air 0 %, kayu akan menjadi bahan sekat listrik yang baik sekali, sebaliknya apabila kayu mengandung air maksimum (kayu basah), maka daya hantarnya bisa dikatakan sama dengan daya hantar air.

13) Kekerasan

Terdapat hubungan langsung antara kekerasan kayu dengan berat kayu. Kayu-kayu yang keras termasuk kayu-kayu yang berat dan kayu yang lunak termasuk kayu yang ringan. Cara menetapkan kekerasan kayu dengan memotog kayu arah melintang. Kayu yang keras akan sulit dipotong dengan pisau dan hasilnya akan memberikan kilauan pada kayu sedangkan kayu yang lunak akan mudah rusak jika dipotong melintang.

b. Sifat Mekanis Kayu

1) Modulus Elastisitas Menurut haygreen dan Bowyer (1993) kekuatan lentur atau Modulus of Elasticity (MOE) adalah suatu nilai yang konstan dan merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan dibawah batas proporsi. Tegangan didefinisikan sebagai distribusi gaya per unit luas, sedangkan renggangan adalah perubahan panjang per unit panjang bahan. Modulus elastisitas (MOE) berkaitan dengan regangan, defleksi dan perubahan bentuk yang terjadi. Besarnya defleksi dipengaruhi oleh besar dan lokasi pembebanan, panjang dan ukuran balok serta MOE kayu itu sendiri. Makin tinggi MOE

akan semakin kurang defleksi balok atau gelagar dengan ukuran tertentu pada beban tertentu dan semakin tahan terhadap perubahan bentuk (Haygreen dan Bowyer, 1993).

2) Kekuatan Lentur Patah Menurut kollman dan Cote (1968) kekuatan lentur patah atau Modulus of Rupture (MOE) merupakan sifat mekanis kayu yang berhubungan dengan kekuatan kayu yaitu ukuran kemampuan kayu untuk menahan beban atau gaya luar yang bekerja padanya dan cenderugn merubah bentuk dan ukuran kayu tersebut.
   Modulus of Rupture (MOR) dihitung dari beban maksimum (beban pada saat patah) dalam uji keteguhan lentur dengan menggunakan pengujian yang sama untruk MOE (Haygreen dan Bowyer, 1993).

3) Keteguhan Lentur Statis *(Static Bending strength)* Menurut Dumanauw (2001), keteguhan lentur atau lentur adalah kekuatan kayu untuk menahan gaya-gaya yang berusaha melengkungkan kayu. Pada balok sederhana yang dikenai beban maka bagian bawah akan mengalami bagian tarik dan bagian atas mengalami tegangan tekan maksimal. Tegangan ini secara perlahan-perlahan menurun kebagian tengah dan menjadi nol pada sumbu netral. Kekuatan lentur kayu biasanya dinyatakan dengan modulus patah. Dan pengujian keteguhan lentur diperoleh nilai keteguhan kayu pada batas proporsi dan keteguhan kayu maksimum. Di bawah batas proporsi terdapat hubungan garis lurus antara besarnya tegangan dan regangan, dimana nilai perbandingan antara regangan dan tegangan ini disebut modulus elastisitas (MOE). Keteguhan lengkung maksimum (MOR) dihitung dari beban maksimum (beban pada saat patah) dalam uji keteguhan lengkung dengan menggunakan pengujian yang sama untuk menentukan MOE (Haygreen dan Bowyer,2003).

4) Keteguhan Tekan *(Compression stregth)* Keteguhan tekan suatu jenis kayu adalah kekuatan kayu untuk menahan muatan jika kayu itu dipergunakan untuk tujuan tertentu. Dalam hal ini dibadakan dua macam tekan, yaitu tekan tegak lurus arah serat dan yekan sejajar arah serat. Keteguhan tekan tegak lurus serat menentukan ketahanankayu terhadap beban. Ketegukan ini mempunyai hubungan juga dengan kekerasan kayu dan keteguhan geser. Keteguhan tekan tegak lurus arah serat pada semua kayu lebih kecil dibandingkan keteguhan sejajar arah serat. (Dumanauw,2001)

5) Keteguhan Geser Menurut Dumanauw (2001), keteguhan geser adalah ukuran kekuatan kayu dalam hal kemampuannya menahan gaya-gaya yang membuat suatu bagian kayu tersebut bergeser kebagian lain di dekatnya. Dalam hubungan ini dibedakan tiga macam keteguhan yaitu, keteguhan geser sejajar arah serat, keteguhan geser tegak lurus serat, dan keteguhan geser miring. Keteguhan geser tegak lurus arah serat jauh lebih besar dari pada keteguhan geser sejajar arah serat.

6) Keteguhan Tarik *(Tension Strength)* Kekuatan atau Keteguhan tarik suatu jenis kayu ialah untuk menahan gaya-gaya yang berusaha menarik kayu itu.Kekuatan tarik tegak lurus arah serat lebih kecil dari pada kekuatan tarik sejajar arah serat. Keteguhan tarik ini mempunyai hubungan dengan ketahanan kayu terhadap pembelahan (Dumanauw,2001)

7) Keteguhaan Belah Keteguhan belah adalah kemampuan kayu untuk menahan gaya-gaya yang berusaha membelah kayu. Sifat keteguhan belah yang rendah sangat baik dalam pembuataan sirap dan kayu bakar. Sebaliknya keteguhan belahn yang tinggi sangat baik untuk pembuatan ukiran-ukiran (patung). Pada umumnya kayu mudah dibelah sepanjang jari-jari (arah radial daripada arah tangensial.

8) Keteguhan Pukul Keteguhan pukul adalah kekuatan kayu menahan gaya yang mengenainya secara mendadak, misalnya pukulan (Dumanauw,2001). Menurut Mardikanto (1979), sifat kekuatan kayu dapat dikatakan kekuatan pukul karena beban yang diberikan berupa beban pukul, dalam arti sehari-hari kayu ulet adalah kayu yang sukar pecah, atau masih tetap tahanmeski dibebani sampai beban maksimum, atau kayu masih melekat satu dengan yang lainnya meski sudah mengalami kerusakan akibat pembebanan.

9) Kekerasaan (Hardnesss) Kekerasan merupakan ukuran kekerasan kayu untuk menahan kikisan pada permukaannya, sifat kekerasan ini dipengaruhi oleh kerapatan kayu, keuletan kayu,ukuran serat, daya ikat antar serat Nilai yang di dapaat dari hasil pengujian merupakanuji pembanding, yaitu besar gaya yang dibutuhkaan untuk memasukan bola baaja berdiameter 0.444 inchi pada kedalamaan 0.22 inchi.

Faktor- Faktor yang Mempengaruhi Sifat Mekanis Kayu Menurut Tsoumiis (1991) sifat mekanis kayu dipengaruhi oleh beberapa faktor terutama kadar air, kerapatan, struktur, temperatur, lama pembebanan dan cacat. Pada umumnya dapat dikatakan bahwa kayu-kayu yang berat sekali juga kuat sekali, dan bahkan kekuatan, kekerasan, dan sifat mekanik lainnya adalah berbanding lurus dengan berat jenisnya (PKKI 1961). Lembaga Pusat Penyelidikan Kehutanan membagi-bagi kekuatan kayu Indonesia dalam lima kelas kuat, hal ini dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kelas Kuat Kayu Berdasarkan Berat Jenis,MOR,dan Kekuatan Tekan sejajar Kelas Kuat Berat Jenis MOR(kg/cm2) Kekuatan tekan Sejajar Serat (kg/cm2) sedangkan berdasarkan nilai MOE (Modulus of Elasticity) PKKI 1961 (Peraturan Kontruksi Kayu Indonesia) membasi kekuatan kayu Indonesia dalam empat kelas kuat.

Pada umumnya kayu mudah dibelah sepanjang jari-jari (arah radial) dari pada arah tangensial. Ukuran yang dipakai untuk menjabarkan sifat-sifat kekuatan kayu atau sifat mekaniknya dinyatakan dalam kg/cm2. Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat mekanik kayu secara garis besar digolongkan menjadi dua kelompok :

a. Faktor luar (eksternal): pengawetan kayu, kelembaban lingkungan pembebanan dan cacat yang disebabkan oleh jamur atau serangga perusak kayu.
b. Faktor dalam kayu (internal): berat jenis, cacat mata kayu, serat miring dsb.

c. Sifat Kimia kayu

Susunan kimia kayu digunakan sebagai pengenal ketahanan kayu terhadap serangan makhluk perusak kayu. Selain itu dapat pula menentukan pengerjaan dan pengolahan kayu, sehingga didapat hasil yang maksimal. Pada umumnya komponen kimia kayu daun lebar dan kayu daun jarum terdiri dari 3 unsur :

- Unsur karbohidrat terdiri dari selulosa dan hemiselulosa.
- Unsur non-karbohidrat terdiri dari lignin.
- Unsur yang diendapkan dalam kayu selama proses pertumbuhan dinamakan zat ekstraktif. (Dumanauw.J.F, 1993)

Tabel 2.1 Komposisi unsure kayu

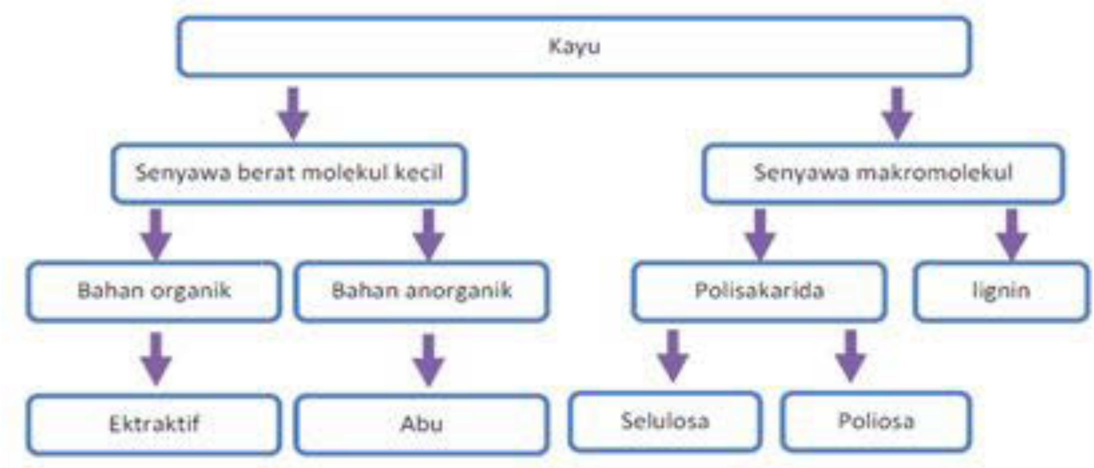
Unsur	**% berat kering**
Karbon	49
Hydrogen	6
Oksigen	44
Nitrogen	sedikit
Abu	0,1

(Haygreen.J.G, 1987)

C. Komposisi Kimia Kayu

a. Zat – zat makromolekul

Sel kayu terutama terdiri atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Dimana selulosa membentuk kerangka yang dikelilingi oleh senyawa-senyawa lain yang berfungsi sebagai matriks (hemiselulosa) dan bahan-bahan yang melapisi (lignin). Sepanjang menyangkut komponen kimia kayu, maka perlu dibedakan antara komponen-komponen makromolekul utama dinding sel selulosa, poliosa (hemiselulosa) dan lignin, yang terdapat pada semua kayu, dan komponen-komponen minor dengan berat molekul kecil (ekstraktif dan zat-zat mineral). Perbandingan dan komposisi kimia lignin dan poliosa berbeda pada kayu lunak dan kayu keras, sedangkan selulosa merupakan komponen yang seragam pada semua kayu. (Sjostrom.E, 1993)



(Fengel.D, 1995)

Gambar x. Bagan umum komponen kayu

Unsur-unsur penyusun kayu tergabung dalam sejumlah senyawa organik yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Proporsi lignin dan hemiselulosa sangat bervariasi di antara spesies-spesies kayu, dan juga antara kayu keras dan kayu lunak.

Tabel 1.2 Komponen kimia menurut golongan kimia

Tipe	% Berat Kering		
	Selulosa	Hemiselulosa	Lignin
Kayu Keras	40 – 44	15 – 35	18 – 25
Kayu Lunak	40 – 44	20 – 32	25 – 35

Sumber : Kollmann dan Cote (1968) (Haygreen.J.G, 1987)

1) Selulosa

Jelas bahwa pemanfaatan selulosa secara tradisional yang terpenting, yang merupakan setengah dari zat penyusun kayu, adalah sebagai bahan baku untuk produksi kertas. Dalam berbagai bentuk pulp, selulosa mewakili bahan baku untuk produksi berbagai tipe kertas dan karton, dan juga menghasilkan produk-produk selulosa yang dimodifikasi. (Hohnholz.J.H, 1988)

Selulosa merupakan komponen kayu yang terbesar, yang dalam kayu lunak dan kayu keras jumlahnya mencapai hampir setengahnya. Selulosa merupakan polimer linear dengan berat molekul tinggi yang tersusun seluruhnya atas β-D-glukosa. Karena sifat-sifat kimia dan fisiknya maupun struktur supramolekulnya maka ia dapat memenuhi fungsinya sebagai komponen struktur utama dinding sel tumbuhan. (Fengel.D, 1995)

Bahan dasar selulosa ialah glukosa, dengan rumus C6H12O6. Molekulmolekul glukosa disambung menjadi molekul-molekul besar, panjang dan berbetuk rantai dalam susunan menjadi selulosa. Selulosa merupakan bahan dasar yang penting bagi industri-industr yang memakai selulosa sebagai bahan baku, misalnya : pabrik kertas, pabrik sutera tiruan dan lain sebagainya. (Dumanauw.J.F, 1993)

2) Poliosa (Hemiselulosa)

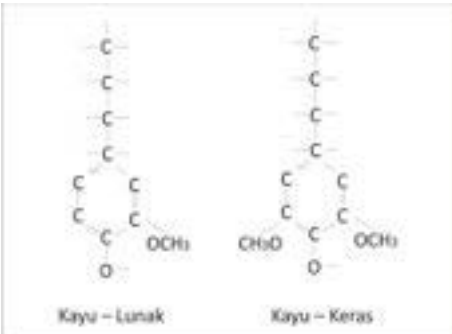
Persentase dalam kayu lembek lunak (softwood) rata-rata lebih rendah (15-25%). Di samping itu, strukturnya dibedakan dalam dua tipe kayu. Dalam kayu keras dan tanaman tahunan yang

dominan adalah jenis pentose (terutama xilan), sedangkan dalam hemiselulosa kayu lunak yang dominan adalah jenis hexosa mudah diisolasi dari kayu dan lebih mudah dihidrolisis dibandingkan tanaman yang kadang-kadang terikat rapat oleh selulosa. Dalam pulp kertas atau dalam kertas, hemiselulosa berperanan sebagai perekat alam dan memperkuat ikatan antara serat ke serat. (Hohnholz.J.H, 1988).

Beberapa polisakarida kayu secara ekstensif dapat larut di dalam air. Jenis pohon tropis tertentu membentuk suatu getah secara spontan, yang dikeluarkan berupa cairan kental pada bagian yang diberi luka/goresan dan setelah pengeringan getah tersebut akan mengeras, getah-getah yang mengeras tersebut yang berbentuk kecil-kecil kaya akan polisakarida. Sebagai contoh dari getah ini adalah getah arabic, yang terdiri dari polisakarida yang dapat larut dalam air (Sjostrom.E, 1993).

Jumlah hemiselulosa dari berat kering kayu biasanya antara 20 dan 30%. Komposisi dan struktur hemiselulosa dalam kayu lunak secara khas berdeda dari kayu keras. Perbedaan-perbedaan yang besar juga terdapat dalam kandungan dan komposisi hemiselulosa antara batang, cabang, akar dan kulit kayu. Seperti halnya selulosa kebanyakan hemiselulosa berfungsi sebagai bahan pendukung dalam diding sel. (Sjostrom.E, 1995)

3) Lignin



Gambar 1.5 Bentuk umum lignin (Haygreen.J.G, 1987)

Lignin adalah komponen makromolekuler dinding sel ketiga. Lignin tersusun dari satuan-satuan fenilpropan yang satu sama lain dikelilingi berbagai jenis zat pengikat. Persentase rata-ratanya dalam kayu lunak adalah antara 25-35% dan

dalam kayu keras antara 20-30%. Perbedaan struktural yang terpenting dari lignin kayu lunak dan lignin kayu keras, adalah bahwa lignin kayu keras mempunyai kandungan metoxil (-OCH3) yang lebih tinggi. (Hohnholz.J.H, 1988).

Lignin adalah suatu polimer yang kompleks dengan berat molekul tinggi, tersusun atas unit-unit fenilpropan. Meskipun tersusun atas karbon, hydrogen dan oksigen, lignin bukanlah suatu karbohidrat dan bahkan tidak ada hubungannya dengan golongan senyawa tersebut. Sebaliknya, lignin pada dasarnya adalah suatu fenol. Lignin sangat stabil dan sukar dipisahkan dan mempunyai bentuk yang bermacammacam karenanya susunan lignin yang pasti didalam kayu tetap tidak menentu.

Lignin terdapat di antara sel-sel dan di dalam dinding sel. Di antara selsel, lignin berfungsi sebagai perekat untuk mengikat sel-sel bersamasama. Dalam dinding sel, lignin sangat erat hubungannya dengan selulosa dan berfungsi untuk memberikan ketegaran pada sel. Lignin juga berpengaruh dalam mempertinggi sifat racun kayu yang membuat kayu tahan terhadap serangan cendawan dan serangga.

b. Zat – zat Berat Molekul Rendah

Di samping komponen-komponen dinding sel, terdapat juga sejumlah zat-zat yang disebut bahan tambahan atau ekstraktif kayu. Meskipun komponen-komponen tersebut hanya memberikan saham beberapa persen pada massa kayu, komponen tersebut dapat memberikan pengaruh yang besar pada sifat-sifat dan kualitas pengolahan kayu. Beberapa komponen, seperti ion-ion logam tertentu, bahkan sangat penting untuk kehidupan pohon.

Zat-zat berat molekul rendah berasal dari golongan senyawa kimia yang sangat berbeda hingga sukar untuk membuat sistem klasifikasi yang jelas tetapi komprehensif. Klasifikasi yang mudah dapat dibuat dengan membaginya ke dalam zat organic dan anorganik. Bahan organik lazim disebut dengan

ekstraktif, sedangkan bahan anorganik disebut dengan abu. (Fengel.D, 1995)

c. Zat Ekstraktif

Zat ekstraktif umumnya adalah zat yang mudah larut dalam pelarut seperti : eter, alkohol, bensin dan air. Banyaknya rata-rata 3 – 8% dari berat kayu kering tanur. Termasuk di dalamnya minyakminyakan, resin, lilin, lemak, tannin, gula, pati, dan zat warna.

Zat ekstraktif memiliki arti yang penting dalam kayu karena :

- Dapat mempengaruhi sifat keawetan, warna, bau, dan rasa suatu jenis kayu
- Dapat digunakan untuk mengenal suatu jenis kayu. (Dumanauw. J. F, 1993)

Kandungan dan komposisi ekstraktif berubah-ubah di antara spesies kayu. Tetapi juga terdapat variasi yang tergantung pada tapak geografi dan musim. Pada sisi lain, komposisi ekstraktif dapat digunakan untuk determinasi kayu-kayu tertentu yang sukar dibedakan secara anatomi. Komposisi ekstraktif dapat berubah selama pengeringan kayu, terutama senyawa-senyawa tak jenuh, lemak dan asam lemak terdegradasi. Fakta ini penting untuk produksi pulp karena ekstraktif tertentu dalam kayu segar mungkin menyebabkan noda kuning (gangguan getah) atau penguningan pulp. Ekstraktif dapat juga mempengaruhi kekuatan pulp, perekatan dan pengerjaan akhir kayu maupun sifat-sifat pengeringan. (Fengel.D, 1995)

d. Abu

Di samping persenyawaan-persenyawaan organik, di dalam kayu masih ada beberapa zat organik, yang disebut bagian-bagian abu (mineral pembentuk abu yang tertinggal setelah lignin dan selulosa habis terbakar). Kadar zat ini bervariasi antara 0,2 – 1% dari berat kayu. (Dumanauw.J.F, 1993)

Kayu hanya mengandung komponen-komponen anorganik dengan jumlah yang agak rendah, diukur sebagai abu yang jarang melebihi 1% dari berat kayu kering. Namun kandungan abu dalam tugi, daun, dan kulit dapat jauh lebih tinggi. Abu ini asalnya terutama dari berbagai garam yang diendapkan dalam dinding-dinding sel dan lumen. Endapan yang khas adalah berbagai garam-garam logam, seperti karbonat, silikat, oksalat, dan fosfat. Komponen logam yang paling banyak jumlahnya adalah kalsium diikuti kalium dan magnesium. (Sjostrom.E, 1995)

D. Sifat Struktur

Sifat struktur/mikroskopis adalah sifat yang dapat kita ketahui dengan mempergunakan alat bantu, yaitu kaca pembesar (*loupe*) dengan pembesaran 10 kali. Sifat struktur yang diamati adalah :

a. Pori (*vessel*) adalah sel yang berbentuk pembuluh dengan arah longitudinal. Dengan mempergunakan loupe, pada bidang lintang, pori terlihat sebagai lubang-lubang beraturan maupun tidak, ukuran kecil maupun besar. Pori dapat dibedakan berdasarkan penyebaran, susunan, isi, ukuran, jumlah dan bidang perforasi).
b. Parenkim *(Parenchyma)* adalah sel yang berdinding tipis dengan bentuk batu bata dengan arah longitudinal. Dengan mempergunakan loupe, pada bidang lintang, parenkim (jaringan parenkim) terlihat mempunyai warna yang lebih cerah dibanding dengan warna sel sekelilingnya. Parenkim dapat dibedakan berdasarkan atas hubungannya dengan pori, yaitu parenkim paratrakeal (berhubungan dengan pori) dan *apotrakeral* (tidak berhubungan dengan pori).
c. Jari-jari *(Rays)* adalah parenkim dengan arah horizontal. Dengan mempergunakan loupe, pada bidang lintang, jari-jari terlihat seperti garis-garis yang sejajar dengan warna yang lebih cerah dibanding warna sekelilingnya. Jari-jari dapat dibedakan berdasarkan ukuran lebarnya dan keseragaman ukurannya.

d. Saluran interseluler adalah saluran yang berada di antara sel-sel kayu yang berfungsi sebagai saluran khusus. Saluran interseluler ini tidak selalu ada pada setiap jenis kayu, tetapi hanya terdapat pada jenis-jenis tertentu, misalnya beberapa jenis kayu dalam famili Dipterocarpaceae, antara lain meranti (*Shorea spp*), kapur (*Dryobalanops spp*), keruing (*Dipterocarpus spp*), mersawa (Anisoptera spp), dan sebagainya. Berdasarkan arahnya, saluran interseluler dibedakan atas saluran interseluler aksial (arah longitudinal) dan saluran interseluler radial (arah sejajar jari-jari). Pada bidang lintang, dengan mempergunakan loupe, pada umumnya saluran interseluler aksial terlihat sebagai lubang-lubang yang terletak diantara sel-sel kayu dengan ukuran yang jauh lebih kecil.
e. Saluran getah adalah saluran yang berada dalam batang kayu, dan bentuknya seperti lensa. Saluran getah ini tidak selalu dijumpai pada setiap jenis kayu, tapi hanya terdapat pada kayu-kayu tertentu, misalnya jelutung (*Dyera spp.*)
f. Tanda kerinyut adalah penampilan ujung jari-jari yang bertingkat-tingkat dan biasanya terlihat pada bidang tangensial. Tanda kerinyut juga tidak selalu dijumpai pada setiap jenis kayu, tapi hanya pada jenis-jenis tertentu seperti kempas (*Koompasia malaccensis*) dan sonokembang (*Pterocarpus indicus*).
g. Gelam tersisip atau kulit tersisip adalah kulit yang berada di antara kayu, yang terbentuk sebagai akibat kesalahan kambium dalam membentuk kulit. Gelam tersisip juga tidak selalu ada pada setiap jenis kayu. Jenis-jenis kayu yang sering memiliki gelam tersisip adalah karas (*Aquilaria spp*), jati (*Tectona grandis*) dan api-api (*Avicennia spp*).

E. Cacat-Cacat Kayu

Cacat-cacat kayu perlu diperhatikan karena sangat berhubungan dengan mutu kayu itusendiri dimana kayu yang mempunyai cacat lebih banyak menunjukkan kualitas kayu tersebut lebih rendah dibandingkan dengan dengan yang memiliki cacat lebih sedikit

sebaiknya adanya cacat-cacat kayu tersebut dihindari agar kestabilan kayu baik dari segi dimensi, sifat maupun kekuatan aau mutunya dapat dipertahankan .

Adapun beberapa jenis cacat-cacat kayu yang mempengaruhi mutu kayu dalam penggunaannya sebagai struktur adalah :

a. Mata kayu

   Mata kayu adalah merupakan tunas/cabang yang tumbuh pada batang pohon yang utama, dengan adanya tunas/cabang maka arah serat kayu akan berbentuk spesifik seperti membeloknya serat batang pohon. Cacat mata kayu tersebut disamping menunjukkan adanya tunas/cabang menunjukkan pula letak kayu tersebut sebagai bagian dari pohon utama, lebih banyak mata kayu menunjukkan bahwa kayu tersebut berada pada bagian lebih atas daripada yang mempunyai sedikit mata kayu.

   Adapun cacat mata kayu dapat dibedakan sebagai berikut :

   - Cacat mata kayu sehat kecil yang memepunyai diameter kurang dari 3 mm.
   - Cacat mata kayu sehat besar yang mempunyai diameter lebih dari 3 mm.
   - Cacat mata kayu mati atau lepas.
   - Cacat mata kayu di samping.

b. Perubahan bentuk /melengkung

   Cacat ini adalah cacat yang terjadi pada kayu baik berupa balok maupun papan dimana bentuk kayu melengkung terhadap panjang kayu, hal ini diakibatkan oleh adanya factor penyusutan kayu atau diakibatkan oleh cara pabrikasi atau dapat diakibatkan oleh adanya cacat mata kayu dimana dengan adanya mata kayu maka akan ada pembelokan arah serat kayu .

c. Pingul

   Cacat kayu ini merupakan cacat kayu dimana bagian permukaan kayu tidak seperti bentuk pada umumnya yaitu persegi, cacat kayu ini dapat berbetuk pingulan pada ujung persegi atau dapat pula kayu berbentuk jajaran genjang. Hal ini dapat diakibatkan oleh adanya pengambilan kayu tersebut dari

bagian pohon utama yang antara lain kayu yang diambil dari bagian luar/gubal atau akibat dari proses pengerjaannya.

d. Retak serat (retak tangensial)

   Cacat retak ini terjadi di sepanjang lingkaran tahun yang akan mengakibatkan terjadinya pemisahan lingkaran tahun yang satu dengan lingkaran tahun lainnya.

e. Serat miring

   Termasuk salah satu cacat yang bisa diakibatkan oleh proses pengerjaan kayu yang salah dimana arah serat kayu tidak searah dengan panjang balok/kayu tersebut atau diakibatkan merupakan hasil penggergajian kayu log yang mempunyai cacat tirus atau cacat log pencabangan. Papan atau balok yang mempunyai serat miring atau tidak terarah sebaiknya dihindarkan pemakaiannya karena baik mutu kekuatan kayu maupun perubahan dimensi juga dipastikan tidak menentu. Papan atau balok yang mempunyai cacat ini akan mengakibatkan cacat bawaan lainnya seperti melengkung atau melintir.

f. Gubal atau putih kayu

   Gubal merupakan bagian dari anatomi kayu yang melindungi hati dan sangat mudah terpengaruh oleh cuaca luar sehingga dapat mengakibatkan adanya perubahan bentuk maupun kekuatan dari kayu itu sendiri. Disamping itu gubal mempunyai sel-sel kayu yang masih hidup dan pori-porinya yang relatif besar dibandingkan sel inti kayu oleh karena itu apabila terpengaruh oleh cuaca luar maka penyusutannya akan lebih besar bila dibandingkan dengan inti. Kayu yang berupa balok atau papan yang merupakan bagian dari gubal kayu maka kestabilannya terhadap perubahan bentuk maupun kekuatannya tidak dapat dipertahankan, disamping itu bahan kayu yang merupakan bagian dari gubal akan lebih mudah terkena serangan rayap.

g. Mencawan

Cacat ini menyerupai dengan cacat melengkung dimana dalam cacat ini arah melengkung pada sisi lebar pada kayu yang biasanya terjadi pada kayu yang berbentuk papan. Cacat ini dapat diakibatkan oleh adanya cacat awal yaitu seperti bahan kayu yang terbuat dari gubal.

h. Rongga dalam kayu (Urat kapur)

Merupakan cacat bawaan dari kayu yang berbentuk rongga di dalamnya dan biasanya di dalam rongga tersebut berisi sat-sat kapur.

i. Terpilin atau meluntir

Merupakan cacat kayu yang banyak ditemukan pada kayu baik berupa papan maupun balok dimana masing-masing sisi tidak berada pada posisi lurus, hal ini disebabkan karena peristiwa alami yang mengakibatkan batang pohon tersebut tumbuh terpilin.

j. Retak tertutup (retak radial)

Retak tertutup adalah cacat kayu yang berupa retak yang melintang pada lingkaran tahun.

F. Penggolongan Jenis Pohon

Terdapat dua kelompok pohon penghasil kayu komersial, yaitu conifer dan deciduous. Konifer juga dikenal sebagai *evergreen* atau *soft wood* atau kayu daun jarum. Sedangkan kelompok deciduous disebut kayu daun lebar atau *hard wood* (Jamal Sanusi) J.G Haygreen dan J.L Bowyer (1982) menyatakan bahwa kayu berdaun jarum mencirikan pohon kayu lunak, selalu hijau sepanjang tahun, karena hanya sedikit saja daun yang tanggal dan buahnya bersisik yang berbentuk kerucut (cone) dan oleh sebab itu disebut conifer. Dalam klasifikasi tumbuhan pohon conifer ini termasuk dalam ordo *corniferales,* sub division *Gymnospermae.* Famili termasuk dalam ordo ini adalah *Cupreceae* (cedar, juniper, dll), *Taxaeae* (yew),

Pinaceae (pinus, spruce), *Taxodiaceae* (red wood, dalcypress). Jenis kayu daun jarum yang banyak terdapat di Indonesia antara lain adalah *Pinus sp.*, *Agathis sp.,Araucaria sp., Maesopsis sp.,* dan *Casuarina sp.*

Berbeda dengan kayu lunak, kayu keras berdasarkan klasifikasi tumbuhan berasal dari sub division *Angiospermae*, ordo dikotil dan lebih kurang terdapat 25 familia. Pada daerah sedang daunnya tanggal pada musim gugur dan memproduksi biji-bijian didalam buah batu, potongan atau badan buah lainnya.

Kayu lunak dan kayu keras tidak hanya berbeda dalam hal kenampakan luarnya saja, tetapi kayu-kayu yang dibentuknya juga berbeda dalam struktur dan morfologinya. Tipe sel, jumlah relative dan penyusunnya berbeda, dan perbedaan yang pokok adalah bahwa kayu keras mempunyai tipe sel yang disebut unsure pembuluh. Tipe sel ini ada pada semua kayu keras dan tidak terdapat pada kayu lunak. Secara insidentil tidak semua kayu keras menghasilkan kayu keras dan padat.

Meskipun ada implikasi nama kayu keras dan kayu lunak, banyaak pohon kayu lunak menghasilkan kayu lebih keras dan lebih padat dari pada kayu yang dihasilkan oleh sebagian pohon kayu keras. Kayu balsa misalnya, kayu yang teringan di dunia, adalah spesies kayu keras.

1). Kayu daun lebar

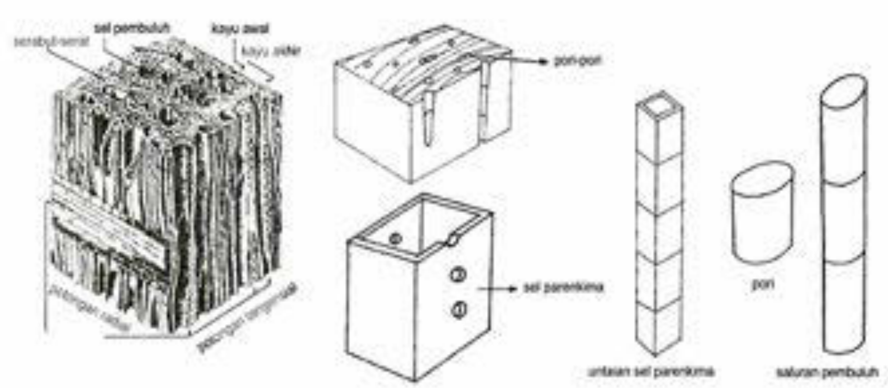


Kayu daun lebar mempunyai struktur lebih lengkap dari kayu daun jarum, yakni memiliki pori-pori (sel-sel pembuluh). Sedangkan kayu daun jarum tidak memiliki pori-pori melainkan sel trakeida, yaitu sel yang berbentuk panjang dengan ujung-ujung yang kecil sampai meruncing. Sel-sel itu merupakan jaringan dasar kayu daun jarum dan merupakan bagian yang

terbesar dari volume kayu. Kayu daun jarum memmpunyai struktur yang lebih sederhana dari pada kayu daun lebar. Pada kayu daun jarum, jumlah jenis selnya lebih sedikit dan kombinasi bentuk-bentuk jaringannya juga lebih sederhana. Jumlah jenis pohon daun jarum (conifer) di Indonesia lebih sedikit dibandingkan jenis kayu daun lebar. Termasuk kayu daun jarum ini antara lain pinus atau tusam, agathis (dammar), dan jamuju. Sementara yang termasuk kayu daun lebar antara lain jati, meranti, mahoni dan lain sebagainya yang potensinya cukup besar di Indonesia.

Kayu terdiri atas beberapa macam sel yang menyusun jaringan-jaringan, memiliki pola tersendiri dalam hal bentuk, susunan serta pengaturannya di dalam kayu. Kayu daun jarum struktur selnya lebih sederhana dibandingkan dengan kayu daun lebar. Kayu conifer jumlah jenis selnya lebih sedikit dan kombinasi bentuk-bentuk jaringannya juga lebih sederhana. Sel pori tidak terdapat pada kayu daun jarum, di Indonesia jenis kayu conifer hanya sedikit.

Struktur sel kayu daun lebar dapat diuraikan sebagi berikut.



Gambar x. Struktur sel daun lebar

a. Pori (sel pembuluh) adalah suatu sel yang berbentuk tabung, saling berhubungan secara vertical, dan berfungsi sebagai pengantar masuknya cairan bahan makanan dari tanah ke daun. Pada penampang lintang kayu, pori terlihat berbentuk

lubang kecil bila dilihat dengan mata. Pori dapat digolongkan dalam tiga kelas ukuran, yakni:

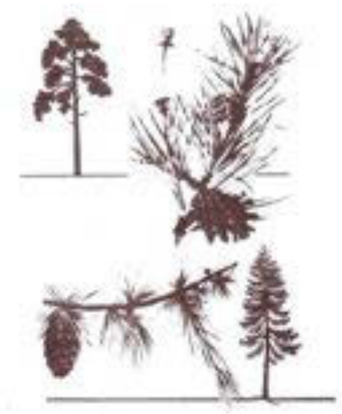
1) pori berukuran kecil dengan Ø < 0,1 mm,
2) pori berukuran sedang dengan Ø 0,1 mm-0,2 mm,
3) pori berukuran bear dengan 0,2 mm, ke atas,

Di dalam pori terdapat dua macam zat pengisi, yaitu zat tisoles dan zat padat yang mempunyai warna tertentu.

b. Parenkima adalah sel yang berbentuk seperti batu bata dengan dinding sel yang tipis. Sel parenkima di dalam kayu gubal masih hidup sedangkan pada kayu keras tidak berfungsi lagi secara fisiologis. Di dalam kayu, sel parenkima membentuk untaian-untaian secra vertikal.

c. Jari-jari merupakan jaringan-jaringan yang terdiri dari sel-sel yang bersifat parenkima. Dengan mata biasa, jari-jari kayu terlihat pada bidang lintang berbentuk garis-garis halus atau tebal dari arah pusat (sumbu) kea rah luar.

2). Kayu daun jarum

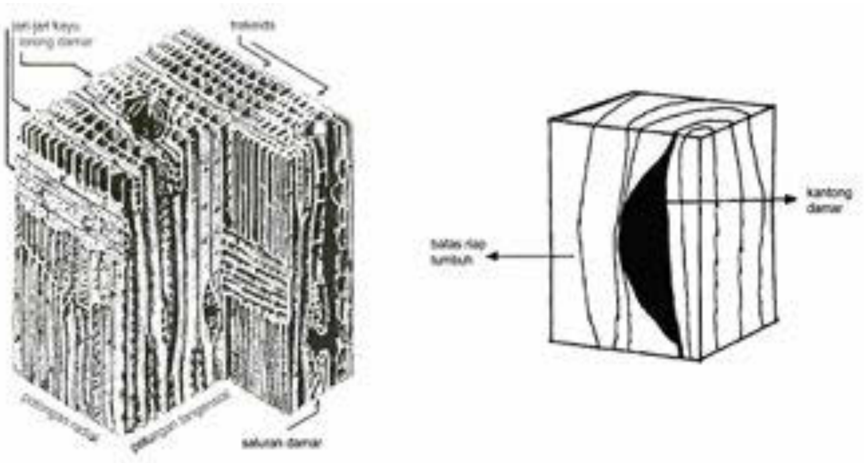


Pada umumnya batang pohon jenis kayu daun jarum bentuknya silindris, percabangannya monopodial dan bentuk tajuk meruncing.

Sedangkan pohon jenis kayu daun lebar lebih banyak memiliki cabang dan tajuk berbentuk bulat. Tidak semua pohon jenis daun lebar menggugurkan daun pada musim gugur. Walaupun secara umum adalah benar dan ini tampak lebih nyata pada daerah tropic, seperti jenis *Acacia sp*. dan *Albizia sp*. tidak pernah menggugurkan daun. Apabila kita mengamati bentuk daun, maka tidak semua jenis daun jarum berbentuk seperti jarum; Agathis sp memiliki bentuk daun laset dan cukup besar. Demikian pula jenis pohon daun lebar, adan juga yang mempunyai daun tidak lebar,

seperti halnya untuk jenis Albizia daunnya lebih kecil dari daun Agathis sp. Untuk penggunaan istilah kayu daun jarum dan kayu daun lebar akan lebih tepat didekati melalui peemeriksaan ada tidaknya pembuluh pada penyusun batang pohon tersebut, yaitu seluruh pohon kayu daun lebar memiliki pembuluh, sedangkan untuk jenis kayu jarum tidak memiliki pembuluh dan serat-serat kayunya banyak mengandung trakeida-trakeida.

Struktur sel kayu daun jarum dapat diuraikan sebagai berikut.



Gambar x. Struktur sel daun jarum

a. Trakeida adalah sel yang berbentuk panjang dengan bagian ujung yang mengecil sampai meruncing, dan berfungsi untuk mengangkut bahan makanan. Sel-sel ini merupakan jaringan dasar kayu daun jarum, sekaligus merupakan bagian terbesar dari kayu.
b. Parenkima mempunyai bentuk serupa pada kayu lebar. Sel-sel ini membentuk untaian-untaian kearah vertikal. Hanya saja pada kayu daun jarum susunannya lebih sedikit dibandingkan kayu daun lebar. Parenkima ini berfungsi untuk mengangkut makanan kea rah radial dan juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan persediaan makanan.
c. Kantong dammar berada di dalam riap tumbuh atau diantar riap tumbuh, berupa rongga-rongga yang berisi zat dammar yang padat atau encer.

3) Lingkaran Tahun (riap)

Setiap musim tumbuh kambium membentuk lapisan kayu baru dan floem baru. Pembentukan kayu baru dan floem bar terus-menerus menyebabkan bertambah besarnya diameter batang. Pertambahan kayu dan floem setiap musim tumbuh ini disebut riap tahun. Di daerah iklim sedang, dimana hanya ada satu musim tumbuh dalam satu tahun,riap tahun pertumbuhan hanya dibentuk sekali dalam setahun. Riap pertumbuhan ini sering disebut lingkaran pertumbuhan atau lingkaran tahun dan bila kayu dipotong dengan arah melintang (transfersal) nampak sebagai lingkaran yang konsentris.

Pohon-pohon di daerah tropis mengalami pertumbuhan sepanjang tahun sehingga lingkaran tahunnya tidak tampak dengan jelas. Oleh karena itu sulit umur pohon di daerah tropis dengan menggunakan perhitungan jumlah lingkaran tahun saja.

Dalam Manual Kehutanan menyatakan bahwa biasanya dibedakan antara pengertian pertumbuhan dengan riap (increment), tetapi di dalam percakapan sehari-hari sering kali keduanya dianggap sinonim. Pertumbuhan ditetapkan sebagai terminologi yang bersifat umum, sedang riap lebih spesifik. Biasanya riap dipakai untuk menyatakan pertumbuhan volume atau tegakan per satuan waktu tertentu. Riap juga sering digunakan untuk menyataka pertumbuhan niai tegakan, pertambahan diameter atau tinggi pohon setiap tahun.

Riap pohon berbeda-beda untuk jenis pohon yang berbeda. Untuk itu dapat dipahami bahwa riap pertumbuhan dipengaruhi oleh factor tempat tumbuh seperti kesuburan tanah, iklim dan ketersediaan air. Berikut disajikan dalam tabel 1 data riap dari jenis-jenis pohon cepat tumbuh di Indonesia.

Berdasarkan kriteria kayu daun jarum dan kayu daun lebar sulit untuk membedakan besarnya riap dari masing-masing jenis tersebut. Namun bia kita telaah lebih jauh, maka dapat kita ketahui

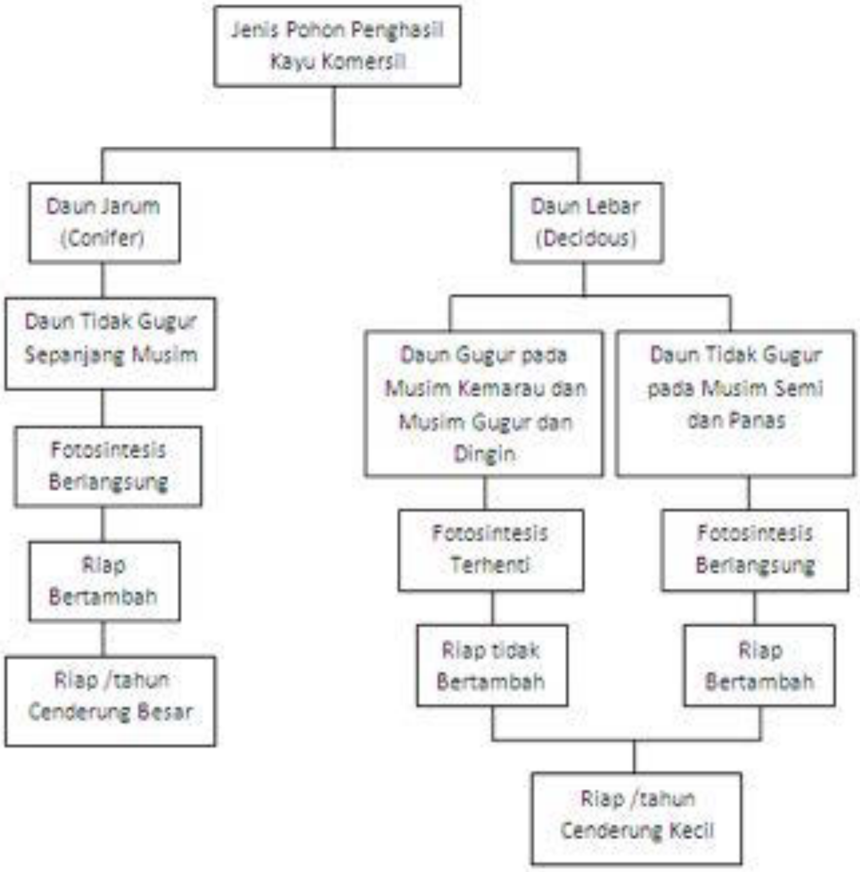
bahwa jenis daun lebar yang memiliki riap besar tersebut ranking 1 sampai ranking 3 (*Gmelina arborea, Acacia mangnium dan Albizia falcataria*), adalah jenis yang tidak menggugurkan daun bila muim kemarau, sedangkan Swietania macrophylla (mahoni), yang menduduki ranking paling rendah, adalah jenis yang menggugurkan daun pada musim kemarau.

Hubungan antara penguguran daun dan besarnya riap pertumbuhan setiap tahunna adalah sangat erat. Hal ini dikarenakan pada saat daun gugur, berarti kegiatan fotosintesis yang menghasilkan fotosintat yang sangat diperlukan bagi pembelahan dan perkembangan sel penyusun tanaman, juga terhenti. Lain halnya dengan jenis pohon yang tidak mengugurkan daun, terutama jenis konifer atau daun jarum dan juga jenis daun lebar yang tidak mengugurkan daun, fotosintesis akan berlangsung terus-menerus dan pembelahan sel erta perkembangan sel dapat berkembang terus, walaupun berdasarkan penelitian dijumpai adanya fase dorman (tidur) untuk jenis-jenis ini namun lamanya tidak seperti pada pohon daun yang mengugurkan daun.

Dengan uraian tersebut maka dapat diketahui bahwa riap kayu daun jarum memiliki kecenderungan yang lebih besar dari pada kayu jenis lebar, khususnya yang mengugurkan daun bila musim kemarau (untuk daerah tropik), maupun di musm gugur (untuk daerah sedang). Hal ini disebabkan pada saat daun gugur, proses fotosintesis tidak dapat berlangsung dengan baik atau bahkan terhenti, sehingga kegiatan pembentukan karbohidrat yang merupakan sumber energi untuk pembelahan sel dan perkembangan sel, juga terhenti dan berarti pula riap pertumbuhan pohon juga terhenti.

Untuk memahami keterkaitan riap / lingkaran tahun pohon jenis daun jarum dan pohon daun lebar disajikan dalam diagram 1 di bawah ini.

Diagram 1. Hubungan pohon riap jenis daun jarum dan pohon jenis daun lebar



c. Rangkuman

1. Menurut Dumanauw.J.F kayu ialah sesuatu bahan, yang diperoleh dari hasil pemungutan pohon-pohon di hutan, yang merupakan bagian dari pohon tersebut, setelah diperhitungkan bagian-bagian mana yang lebih banyak dimanfaatkan untuk sesuatu tujuan penggunaan.
2. Bagian-bagian kayu terdiri dari :
   - Kulit
   - Cambium
   - Kayu gubal
   - Kayu teras
   - Hati
   - Lingkaran tahun
   - Jari-jari
3. Kayu berasal dari berbagai jenis pohon yang memiliki sifat-sifat yang berbeda-beda. Bahkan dalam satu pohon, kayu mempunyai sifat yang berbeda-beda.
4. Sifat fisis kayu meliputi :
   - Berat dan berat jenis
   - Keawetan
   - Warna
   - Tekstur
   - Arah serat
   - Kesan raba
   - Bau dan rasa
   - Nilai dekoratif
   - Higrokospis
   - Suara
   - Daya hantar panas
   - Daya hantar listrik

5. Sifat mekanis kayu meliputi :
    - Keteguhan tarik
    - Keteguhan tekan / kompresi
    - Keteguhan geser
    - Keteguhan lengkung / lentur
    - Kekakuan
    - Keuletan
    - Kekerasan
    - Keteguhan belah
6. Hubungan antara pengguguran daun dan besarnya riap pertumbuhan setiap tahunnya adalah sangat erat. Hal ini dikarenakan pada saat daun gugur, berarti kegiatan fotosintesis yang menghasilkan fotosintat yang sangat diperlukan bagi pembelahan dan perkembangan sel penyusun tanaman juga terhenti.
7. Riap kayu daun jarum memliliki kecenderungan yang lebih besar dari pada kayu daun lebar, khususnya yang menggugurkan daun bila musim kemarau (untuk daerah tropic), maupun dimusim gugur (untuk daerah sedang).

d. Tugas

1. Amati diseputar saudara tinggal apakah ada pepohonan yang berjenis daun lebar dan daun jarum serta sebutkan ?

e. Tes Formatif

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan singkat dan jelas !

1. Sebutkan bagian-bagian dari kayu ?
2. Jelaskan apa yang dimaksud dengan anisotropic ?
3. Sebutkan ciri-ciri kayu daun jarum ?
4. Sebutkan sifat-sifat mekanis kayu ?
5. Sebutkan sifat-sifat fisis kayu ?

f. Lembar Jawaban Tes Formatif

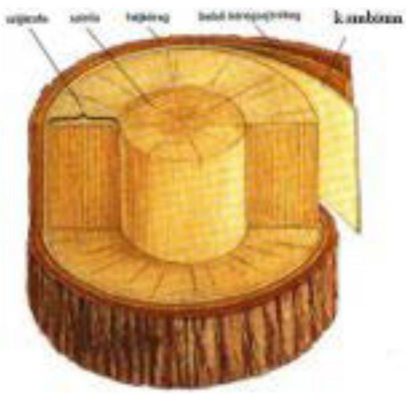
1. Bagian-bagian dari kayu adalah :
   a. Kulit kayu terdapat pada bagian terluar, yang terdiri dari :
      a) Kulit Dalam (*Phloem*)/Bast

         Kulit dalam berada tepat dibalik kulit luar sebatang pohon, diluar lapisan kambium, yang berfungsi menyampaikan makanan dari daun ke seluruh bagian kayu.

      b) Kulit Luar (*Cortex*)/Outer Bark

         Kulit luar merupakan pelindung bagi pohon yang sedang tumbuh, yang berfungsi mencegah penguapan dari lapisan kambium dan kayu gubal. Kulit kayu terdiri dari sel-sel berbentuk pembuluh-pembuluh dan mendapatkan makanan dari kulit dalam.

   b. Kambium/Cambium



Lapisan kambium merupakan jaringan yang lapisannya tipis dan bening, mengelilingi kayu, ke arah luar membentuk kayu baru sebagai pengganti kayu

lama yang telah rusak dan ke arah dalam membentuk kayu baru.Kambium terletak diantara kulit dalam dan kayu gubal. Dengan adanya kambium ini maka pohon semakin lama bertambah besar.

c. Kayu Gubal (*Alburmum*)



Kayu Gubal merupakan bagian dari pohon yang melingkari kayu inti. Terdiri dari sel-sel yang masih hidup. Sel-sel kayu gubal membawakan air dan garam-garam mineral ke dahan yang selanjutnya menuju daun, untuk diubah sebagai sumber makanannya dan sekaligus berfungsi sebagi tempat menyimpan makanan. Kayu gubal tidak begitu berharga sebagai kayu pertukangan.

d. Kayu Teras

Terdiri dari sel-sel yang yang sudah tua atau mati. Kayu teras ini awalnya adalah kayu gubal yang menua sehingga tidak bisa berfungsi sebagai penyalur cairan atau zat hara dan sebagai penyimpanan hasil fotosintesis. Pada kayu teras dapat mengandung berbagai zat–zat ekstraksi yang memberikan warna gelap.

a. Hati Kayu (Medulla)/Galih

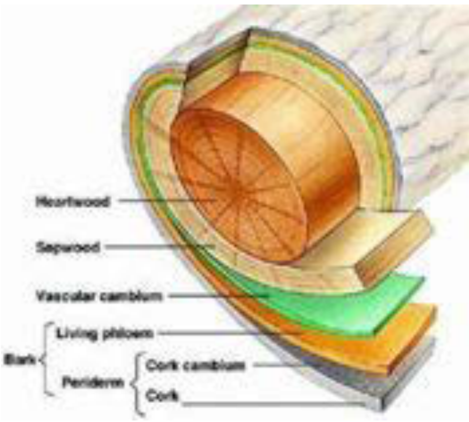
Hati kayu terletak dipusat lingkaran tahun. Pada mulanya, hati kayu merupakan pohon muda yang pertama kali dibentuk oleh kambium yang kemudian menjadi pusat dari pohon yang tumbuh selanjutnya, yang merupakan komposisi lunak dari sel-sel yang sudah mati. Hati kayu bersifat rapuh atau lunak, sehingga tidak berguna sebagai kayu pertukangan.

b. Lingkaran Tahun (Annual Ring)



Kondisi pertumbuhan suatu pohon ditentukan oleh lingkunan tumbuh yaitu iklim. Pada daerah yang mempunyai perbedaan musim yang jelas pengaruh iklim terhadap pertumbuhan dapat terlihat adanya perbedaan antara kayu yang terbentuk pada permulaan dan pada akhir musim. Perbedaan ini menunjukkan zona-zona berupa lingkaran yang mengelilingi sumbu batang, bagian yang renggang berwarna terang dan yang lebih rapat berwarna gelap secara bergiliran yang kedua-duanya terjadi pada periode satu tahun. Zona-zona yang berbentuk lingkaran ini yang disebut dengan lingkaran tahun.

c. Jari-Jari Kayu/Rays



Jari-jari kayu adalah jaringan kayu yang dibentuk dengan susunan sel secara radial yang berfungsi menyampaikan makanan dari kulit dalam kebagian dalam pohon. Jari-jari teras mempunyai ukuran yang berbeda-beda pada pohon yang berlebihan. Sementara pada pohon oak, jari-jari pohon menampakkan sebuah pola yang indah pada potongan kayu.

2. Jelaskan apa yang dimaksud dengan anisotropic ?

   Dimana sumbu Longitudinal (aksial) adalah sejajar serat-serat, sumbu Tangensial adalah garis singgung cincin-cincin pertumbuhan, dan sumbu Radial adalah tegak lurus pada cincin-cincin pertumbuhan. Perubahan dimensi kayu akibat pengeringan dari perubahan suhu, kelembaban, pembebanan mekanis juga menunjukkan sifat kayu **anisotropis.**

3. Ciri-ciri kayu daun jarum ?

   Pada umumnya batang pohon jenis kayu daun jarum bentuknya silindris, percabangannya monopodial dan bentuk tajuk meruncing.

   Sedangkan pohon jenis kayu daun lebar lebih banyak memiliki cabang dan tajuk berbentuk bulat. Tidak semua pohon jenis daun lebar menggugurkan daun pada musim gugur. Walaupun secara umum adalah benar dan ini tampak lebih nyata pada daerah tropic, seperti jenis *Acacia sp*. dan *Albizia sp*. tidak pernah menggugurkan daun. Apabila kita mengamati bentuk daun, maka tidak semua jenis daun jarum berbentuk seperti jarum; Agathis sp memiliki bentuk daun laset dan cukup besar.

4. Sifat-sifat mekanis kayu adalah :

   1. Modulus Elastisitas
   2. Kekuatan Lentur Patah
   3. Keteguhan Lentur Statis *(Static Bending strength)*
   4. Keteguhan Tekan *(Compression stregth)*
   5. Keteguhan Geser
   6. Keteguhan Tarik *(Tension Strength)*
   7. Keteguhaan Belah
   8. Keteguhan Pukul

9. Kekerasaan *(Hardnesss)*

5. Sifat fisis kayu meliputi :
   - Berat dan berat jenis
   - Keawetan
   - Warna
   - Tekstur
   - Arah serat
   - Kesan raba
   - Bau dan rasa
   - Nilai dekoratif
   - Higrokospis
   - Suara
   - Daya hantar panas
   - Daya hantar listrik

g. Lembar Kerja Peserta Didik

1. Sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi sifat-sifat mekanis kayu ?
2. Jelaskan yang dimaksud dengan Hygroskopis kayu ?
3. Sebutkan jenis-jenis golongan pohon !

BAB III. MACAM-MACAM JENIS DAN KARAKTERISTIK BAHAN FIBER

A. DESKRIPSI

Kompetensi yang diharapkan dari modul ini adalah “Membuat (fabrikasi) komponen fiberglass/ bahan komposit. Sub kompetensi yang akan dicapai adalah menentukan barang/ komponen yang akan dibuat dari fiberglass/ bahan komposit dan membuat (fabrikasi) barang/ komponen bodi kapal yang akan dibuat dari fiberglass/ bahan komposit. Modul ini terdiri atas tiga kegiatan belajar. Kegiatan belajar 1 membahas tentang fiberglass dan karakteristiknya. Kegiatan belajar 2 membahas tentang proses pembuatan fiberglass. Kegiatan belajar 3 berisi tentang proses perbaikan fiberglass.

B. KEGIATAN BELAJAR

1. Kegiatan Belajar 1 : Fiberglass dan Karakteristiknya

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari secara keseluruhan materi kegiatan belajar dalam modul ini siswa diharapkan :

1. Siswa dapat memahami bahan-bahan untuk membuat bodi atau komponen kapal.
2. Siswa dapat memahami karakteristik bahan fiberglass.

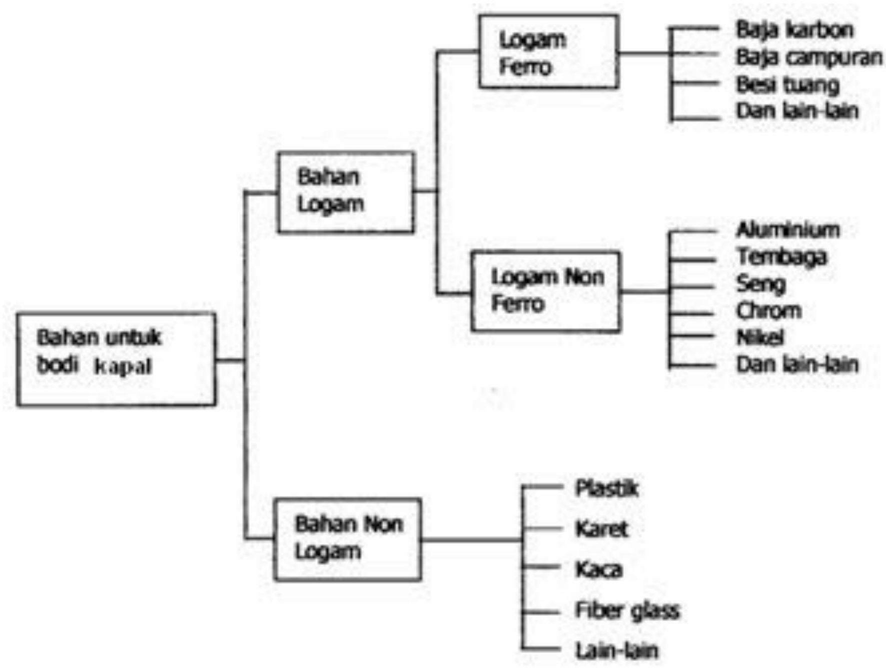
b. Uraian Materi

Pendahuluan

Fiberglass atau Komposit adalah sebuah campuran dari dua atau lebih bahan yang memiliki sifat ditingkatkan keunggulan dari bahan individu pembentuknya. Secara khusus dalam komposit, polimer selalu diperkuat

dengan serat. Tujuannya adalah untuk menghasilkan material yang memiliki kekuatan lebih tinggi dan atau kekakuan lebih dari polimer aslinya.

Bahan untuk membuat bodi atau komponen kapal secara garis besar dapat diklasifikasikan sebagai berikut :



Gambar 3.1. Klasifikasi Bahan Untuk Bodi /komponen Kapal/Kendaraan

1. Bahan Logam

Bahan logam mempunyai beberapa keistimewaan dibandingkan dengan bahan lain. Beberapa keistimewaan bahan tersebut adalah :

a). Pada suhu 20°C, bahan logam akan mengeras dan membentuk struktur kristal.

b). Bahan logam dapat dibentuk menjadi kertas timah atau kabel yang sangat tipis.

c). Bahan logam mempunyai berat jenis yang lebih besar.

d). Bahan logam mempunyai daya hantar listrik dan panas yang lebih tinggi.

Secara garis besar bahan logam diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu bahan logam ferro dan bahan logam non ferro.

a. Bahan Logam Ferro

Bahan logam ferro adalah bahan logam yang mengandung unsur besi. Besi merupakan benda yang paling banyak digunakan dalam kehidupan kita sehari-hari, dan kadang-kadang digunakan sebagal besi murni. Besi dapat dicampurkan dengan logam lainnya untuk menjadi campuran (alloy) untuk memperbaiki karakteristik kegunaannya, antara lain : agar tahan karat, tahan panas, dan tahan aus.

1) Baja Carbon

Baja karbon adalah campuran antara besi/baja dan karbon. Sifat dari besi akan berubah sesuai dengan kandungan karbonnya. Tipe-tipe baja karbon antara lain baja (steel) dan besi tuang.

(a) Baja (Steel)

Baja adalah campuran antara besi dan karbon dengan kandungan karbon kurang dari 2 %. Bahan ini sering digunakan untuk membuat panel bodi kendaraan.

(b) Besi Tuang

Besi tuang adalah campuran antara besi dan karbon dengan kandungan karbon 2 % atau lebih. Besi tuang biasanya dicetak ke dalam bentuk yang diinginkan.

2) Baja Campuran Khusus (Special Alloy Steel)

Baja campuran khusus adalah sebuah campuran yang dihasilkan dengan mencampur baja karbon dengan logam lainnya untuk memperbaiki kegunaannya, antara lain : agar tahan karat, tahan panas, dan tahan aus. Bila besi tuang, sebagai pengganti baja karbon, dicampur dengan logam lainnya maka produk yang dihasilkan disebut besi tuang campuran (alloy cast iron).

b. Bahan Logam Non Ferro

Logam non ferro adalah bahan logam yang tidak mengandung unsur besi. Walaupun bodi kendaraan pada umumnya terbuat dari besi/baja, akan tetapi beberapa komponen bodi kendaraan dapat dibuat dari bahan logam non ferro ini. Bahan yang tergolong dalam logam non ferro antara lain : kuningan, tembaga, aluminium, seng, dan lain.

2. Bahan Non Logam

Bahan non logam ternyata juga banyak digunakan sebagai bahan untuk membuat bodi kendaraan. Salah satu bahan non logam tersebut yaitu fiberglass. Fiberglass merupakan bahan paduan atau campuran beberapa bahan kimia (bahan komposit) yang bereaksi dan mengeras dalam waktu tertentu. Bahan ini mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan bahan logam, diantaranya : lebih ringan, lebih mudah dibentuk, dan lebih murah.

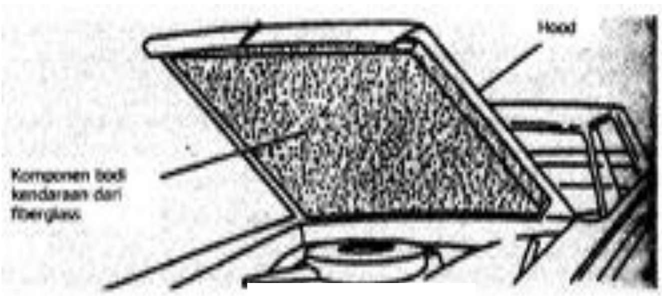
Fiberglass atau serat kaca telah dikenal orang sejak lama, dan bahkan peralatan-peralatan yang terbuat dari kaca mulai dibuat sejak awal abad ke 18. Mulai akhir tahun 1930-an, fiberglass dikembangkan melalui proses filament berkelanjutan (continuous filament proses) sehingga mempunyai sifat-sifatnyang memenuhi syarat untuk bahan industri, seperti kekuatannya tinggi, elastis, dan tahan terhadap temperature tinggi.

Membayangkan peralatan-peralatan yang terbuat dari kaca (glass), kebanyakan orang akan beranggapan bahwa peralatan tersebut pasti akan mudah pecah. Akan tetapi melalui proses penekanan, cairan atau bubuk kaca diubah menjadi bentuk serat akan membentuk bahan tersebut dari bahan yang mudah pecah (brittle materials) menjadi bahan yang mempunyai kekuatan tinggi (strong materials). Manakala kaca (glass) diubah dari bentuk cair atau bubuk menjadi bentuk serat (fiber), kekuatannya akan meningkat secara tajam. Kekuatan tarik maksimal dari satu serat kaca dengan diameter 9 – 15

micrometer mencapai 3.447.000 kN/m2. Oleh karena itu fiberglass merupakan salah satu material/bahan yang mempunyai kekuatan sangat tinggi.

Bahan fiberglass banyak digunakan untuk pembuatan kapal-kapal perikanan dari ukuran kecil sampai sedang karena bahan ini kuat dan ringan dibandingkan dengan bahan dari kayu. Perawatan kapal fiberglass ini, walaupun lebih mudah perawatan dibanding kapal yang terbuat dari kayu namun perlu adanyanya panduan dalam perawatannya. Dalam materi penyuluhan ini akan dibahas mengenai : fiberglass, cara pembuatan kapal fiberglass dan perawartan kapal fiberglass.

.



Gambar 3.2


Gambar 3.3

Pemanfaatan fiberglass untuk produk kapal atau otomotif sudah sangat luas, tidak hanya untuk pembuatan bodi kendaraan atau kapal akan tetapi juga untuk berbagai komponen kendaraan yang lain. Penggunaan yang paling populer memang untuk membuat komponen bodi kapal atau kendaraan. Selain anti karat, juga lebih tahan benturan, mudah dibentuk, bila rusak akan lebih mudah diperbaiki, dan lebih ringan. Dengan bahan fiberglass, kendaraan dimungkinkan akan lebih hemat konsumsi bahan bakarnya. Gambar 2 berikut ini memperlihatkan salah satu

pemanfaatan bahan fiberglass untuk pembuatan komponen bodi kendaraan dan kapal.

Pemanfaatan fiberglass di Indonesia masih terbatas untuk pembuatan komponen bodi kapal, kendaraan minibus dan bus saja. Belum ada kendaraan jenis sedan rakitan dalam negeri yang mencantumkan spesifikasi aslinya sebagai bodi dengan bahan fiberglass, semuanya masih menggunakan pelat baja. Akan tetapi pemanfaatan fiberglass di luar negeri sudah jauh lebih luas. Fiberglass banyak dipergunakan untuk pembuatan mobil-mobil sport dengan produksi terbatas. Fiberglass juga banyak dipergunakan untuk pembuatan mobil-mobil kit yang dijual secara terurai dan dirakit sendiri oleh pembelinya.

Pemanfaatan fiberglass yang paling banyak dan paling luas adalah di pabrik kendaraan yang membuat kendaraan masa depan dalam rangka penelitian. Di samping fiberglass, rancangan dan konsep mobil masa depan tersebut biasanya terbuat dari aluminium atau serat karbon. Di samping mudah dibentuk mengikuti model yang rumit sekalipun, kecenderungan teknologi masa depan kelihatan akan mengarah ke penggunaan bahan komposit ini.

Untuk sektor industri komponen, pemanfaatan bahan fiberglass juga sudah cukup meluas. Produsen kendaraan besar sudah memanfaatkannya untuk membuat komponen-komponen tertentu. Daimler Benz misalnya memanfaatkan fiberglass untuk pembuatan bodi dan bagian-bagian interior. Produsen mobil Opel memanfaatkannya untuk pembuatan bagian-bagian bodi yang disyaratkan super kuat, sedangkan produsen mobil Porsche banyak memanfaatkannya untuk membuat bagian-bagian interior atap geser (sliding roof), bumper, dan spoiler. Khusus untuk bumper dan spoiler, di negara kita sudah banyak bengkel kecil yang mampu membuatnya dari bahan fiberglass.

c. Rangkuman

1. Bahan untuk membuat bodi kendaraan dan kapal secara garis besar dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu bahan logam dan bahan non logam.
2. Salah satu bahan non logam yaitu fiberglass. Fiberglass merupakan bahan paduan atau campuran beberapa bahan kimia (bahan komposit) yang bereaksi dan mengeras dalam waktu tertentu.
3. Manakala kaca (glass) diubah dari bentuk cair atau bubuk menjadi serat (fiber), kekuatannya akan meningkat secara tajam. Kekuatan tarik maksimal dari satu serat kaca dengan diameter 9 – 15 micrometer mencapai 3.447.000 kN/m2. Oleh karena itu fiberglass merupakan salah satu material/bahan yang mempunyai kekuatan sangat tinggi.
4. Bahan ini mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan bahan logam, diantaranya : lebih ringan, mudah dibentuk, dan lebih murah.
5. Khusus untuk bumper dan spoiler, di negara kita sudah banyak bengkel kecil yang mampu membuatnya dari bahan fiberglass.

d. Tugas

1. Lakukanlah pengamatan terhadap mobil yang beredar di masyarakat, selanjutnya Saudara lakukan identifikasi bagian bodi mana yang terbuat dari fiberglass !

e. Tes Formatif

1. Jelaskanlah pengklasifikasian bahan-bahan yang digunakan untuk membuat bodi kendaraan atau kapal !
2. Jelaskanlah karakteristik-karakteristik yang dimiliki oleh bahan fiberglass !
3. Jelaskan kelebihan bahan fiberglass dibandingkan dengan bahan lain !
4. Sebutkan keuntungan dari bahan fiberglass

f. Lembar Jawaban Tes Formatif 1

1. Bahan untuk membuat bodi kendaraan secara garis besar dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu bahan logam dan bahan non logam. Bahan logam dapat diklasifikasikan menjadi bahan logam ferro dan bahan logam non ferro. Salah satu bahan non logam yaitu fiberglass.
2. Fiberglass merupakan bahan paduan atau campuran beberapa bahan kimia (bahan komposit) yang bereaksi dan mengeras dalam waktu tertentu. Manakala kaca (glass) diubah dari bentuk cair atau bubuk menjadi bentuk serat (fiber), kekuatannya akan meningkat secara tajam. Kekuatan tarik maksimal dari satu serat kaca dengan diameter 9 – 15 micrometer mencapai 3.447.000 kN/m2. Oleh karena itu fiberglass merupakan salah satu material/bahan yang mempunyai kekuatan sangat tinggi.
3. Bahan fiberglass mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan bahan logam, diantaranya : lebih ringan, lebih mudah dibentuk, dan lebih murah.

g. Lembar Kerja Peserta Didik

1. Jelaskan bedanya bahan logam dan non logam
2. Apa yang dimaksud dengan bahan logam non fero
3. Bahan non logam banyak digunakan pada umumnya di

2. Kegiatan Belajar 2 : Proses Pembuatan Fiberglass

a. Tujuan Kegiatan Belajar 2

1) Siswa dapat memahami bahan-bahan untuk membuat fiberglass.
2) Siswa dapat memahami proses pembuatan komponen bodi kendaraan atau kapal dari bahan fiberglass.

b. Uraian Materi 2

1) Bahan Pembuat Fiberglass

Bahan pembuat fiberglass pada umumnya terdiri dari 11 macam bahan, 6 macam sebagai bahan utama dan 5 macam sebagai bahan finishing. Sebagai bahan utama yaitu erosil, pigmen, resin, katalis, talk, mat, sedangkan sebagai bahan finishing antara lain : aseton, PVA, mirror, cobalt, dan dempul.

a).Erosil



Bahan ini berbentuk bubuk sangat halus seperti bedak bayi berwarna putih. Berfungsi sebagai perekat mat agar fiberglass menjadi kuat dan tidak mudah patah/pecah.

Gambar 3.4

b).Resin



Gambar 3.5

Bahan ini berujud cairan kental seperti lem, berkelir hitam atau bening. Berfungsi untuk mencairkan/ melarutkan sekaligus juga mengeraskan semua bahan yang akan dicampur. Biasanya bahan ini dijual dalam literan atau dikemas dalam kaleng.

c).Katalis



Gambar 3.6

Zat ini berwarna bening dan berfungsi sebagai pengencer. Zat kimia ini biasanya dijual bersamaan dengan resin, dan dalam bentuk pasta atau cair. Perbandingannya adalah resin 1 liter dan katalisnya 1/40 liter

d).Pigmen



Gambar 3.7

Pigmen adalah zat pewarna sebagai pencampur saat bahan fiberglass dicampur. Pemilihan warna disesuaikan dengan selera pembuatnya. Pada umumnya pemilihan warna untuk mempermudah proses akhir saat pengecatan.

e).Mat



Gambar 3.8

Bahan ini berupa anyaman mirip kain dan terdiri dari beberapa model, dari model anyaman halus sampai dengan anyaman yang kasar atau besar dan jarang-jarang. Berfungsi sebagai pelapis campuran adonan dasar fiberglass, sehingga sewaktu unsur kimia tersebut bersenyawa dan mengeras, mat berfungsi sebagai pengikatnya. Akibatnya fiberglass menjadi kuat dan tidak getas.

f). Talk



Sesuai dengan namanya bahan ini berupa bubuk berwarna putih seperti sagu. Berfungsi sebagal campuran adonan fiberglass agar keras dan agak lentur.

Gambar 3.9

g) Aseton



Pada umumnya cairan ini berwarna bening, fungsinya seperti katalis yaitu untuk mencairkan resin. Zat ini digunakan apabila adonan terlalu kental yang akan mengakibatkan pembentukan fiberglass menjadi sulit dan lama keringnya.

Gambar 3.10

h) Cobalt



Cairan kimia ini berwarna kebiru-biruan. Berfungsi sebagai bahan aktif pencampur katalis agar cepat kering, terutama apabila kualitas katalisnya kurang baik dan terlalu encer. Bahan ini dapat dikategorikan sebagai bahan penyempurna, sebab tidak semua

Gambar 3.11

bengkel menggunakannya. Hal ini tergantung pada kebutuhan pembuat dan kualitas resin yang digunakannya. Perbandingannya adalah 1 tetes cobalt dicampur dengan 3 liter katalis. Apabila perbandingan cobalt terlalu banyak, dapat menimbulkan api.

i) PVA



Gambar 3.12

Bahan ini berupa cairan kimia berkelir biru menyerupai spiritus. Berfungsi untuk melapis antara master mal/cetakan dengan bahan fiberglass. Tujuannya adalah agar kedua bahan tersebut tidak saling menempel atau lengket, sehingga fiberglass hasil cetakan dapat dilepas dengan mudah dari master mal atau cetakannya.

j) Mirror



Gambar 3.13

Sesuai namanya, manfaatnya hampir sama dengan PVA, yaitu menimbulkan efek licin. Bahan ini berwujud pasta dan mempunyai warna bermacam macam.

k) Dempul Fiberglass

Setelah hasil cetakan terbentuk dan dilakukan pengamplasan, permukaan yang tidak rata dan berpori-pori perlu dilakukan pendempulan. Tujuannya agar permukaan fiberglass hasil cetakan menjadi lebih halus dan rata sehingga siap dilakukan pengerjaan lebih lanjut.

2) Proses Pembuatan Fiberglass

Proses pembuatan fiberglass diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) tahapan, yaitu :

(a) Membuat master cetakan / mal.

(b) Mencampur 6 (enam) bahan utama menjadi bahan dasaran;

(c) Finishing atau penyempurnaan. Sebagai gambaran misalnya akan dibuat sebuah tutup bumper belakang mobil.

(a) Pembuatan master cetakan

Membuat master cetakan merupakan langkah awal dari pembuatan fiberglass. Ada dua pilihan bahan yang akan digunakan untuk membuat master cetakan, yakni bahan dari gips dan bahan dari fiberglass. Masing- masing bahan master cetakan tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangan. Pembuatan master cetakan dari bahan gips akan lebih mudah dikerjakan, dan saat pelepasan fiberglass hasil dari master cetakannya mudah dilakukan, bahkan dapat dilakukan dengan merusak master cetakannya. Di samping itu harganyapun relatif lebih murah. Kekurangannya adalah konstruksinya rapuh dan hanya dapat dipakai sekali saja. Untuk bahan master cetakan dari fiberglass memang harganya lebih mahal. Di samping itu proses pembuatan master cetakan dan proses pelepasan fiberglass hasil dari master cetakan lebih sulit dikerjakan.Kelebihannya adalah konstruksinya lebih kuat/tidak mudah patah dan master cetakannya dapat dipergunakan beberapa kali. Oleh karena itu, dalam membuat master cetakan pembuat fiberglass lebih senang menggunakan bahan dari fiberglass juga. Dengan demikian yang akan dibahas di sini adalah membuat master cetakan dari bahan fiberglass. Proses pembuatannya sebagai berikut :

1) Membuat mal cetakan

Membuat mal cetakan dapat dilakukan dengan cara membuat tutup bumper dengan kertas karton yang ukuran dan bentuknya sama persis dengan ukuran dan bentuk aslinya. Apabila tersedia bentuk asli tutup bumper (tentunya yang sudah tidak terpakai), maka bentuk asli tutup bumper ini dapat dimanfaatkan sebagai mal.

2) Melapisi mal tersebut dengan PVA atau mirror. Apabila bahan ini tidak tersedia maka dapat menggunakan cairan pembersih lantai.
3) Menyiapkan wadah sebagai tempat adonan fiberglass berupa kaleng bekas oli atau kaleng bekas cat, yang penting keadaannya bersih.
4) Membuat adonan fiberglass dengan cara mencampur jadi satu talk, resin, dan katalis. Aduk dengan cepat bahan-bahan ini hingga merata, kalau kelamaan dapat mengeras duluan.
5) Selanjutnya adonan fiberglass diulaskan dengan cepat pada mal sebelah luar dan ditunggu sampai kering. Agar cepat kering dapat dijemur di terik matahari.
6) Memasang/menempatkan mat pada permukaan lapisan adonan fiberglass. Ukuran mat menyesuaikan bentuk mal.
7) Menyiapkan adonan fiberglass lagi, dan diulaskan kembali di atas lapisan mat dengan cepat serta ditunggu sampai kering.
8) Apabila lapisan fiberglass sudah kering, master cetakan dapat dilepas dari mal-nya dan siap digunakan sebagai cetakan fiberglass. Agar dapat dihasilkan kualitas fiberglass yang kuat, campuran bahan untuk master cetakan harus lebih tebal daripada fiberglass hasil, yaitu sekitar 2 – 3 mm atau dilakukan 3 – 4 kali pelapisan. Sebagai gambaran misalnya akan membuat sebuah komponen bodi kendaraan.

(b) Proses membuat campurannya adalah sebagai berikut :

(1) Resin sejumlah 1,5 — 2 liter dicampur dengan talk dan diaduk rata. Apabila campuran yang terjadi terlalu kental maka perlu ditambahkan katalis. Penggunaan katalis harus sesuai dengan

perbandingan 1 : 1/40. Oleh karena itu apabila resinnya 2 liter, maka katalisnya 50 cc.

(2) Selanjutnya ditambahkan erosil antara 400 — 500 gram pada campuran tersebut dan ditambahkan pula pigmen atau zat pewarna.

(3) Apabila semua campuran tersebut diaduk masih terlalu kental, maka perlu ditambahkan katalis dan apabila campurannya terlalu encer dapat ditambahkan aseton. Pemberian banyak sedikitnya katalis akan mempengaruhi cepat atau lambatnya proses pengeringan. Pada cuaca yang dingin akan dibutuhkan katalis yang lebih banyak.

(4) Setelah campuran bahan dasar dibuat, langkah berikutnya adalah memoles permukaan cetakan dengan mirror (sebagai pelicin dan pengkilap) dan dilakukan memutar sampai lapisannya benar-benar merata.



Gambar 3.14 Mengoleskan Mirror

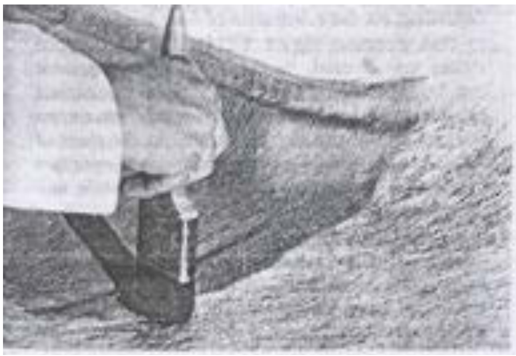
(5) Agar didapatkan hasil yang lebih baik, perlu ditunggu beberapa menit sampai pelicin tersebut menjadi kering. Untuk mempercepat proses pengeringan, dapat dijemur di terik matahari.

(6) Apabila mirror sudah terserap, permukaan cetakan dapat dilap dengan menggunakan kain bersih hingga mengkilap.

(7) Selanjutnya permukaan cetakan dioleskan PVA untuk menjaga agar permukaan cetakan tidak lengket dengan fiberglass hasil.

(8) Langkah berikutnya adalah mengoleskan permukaan cetakan dengan adonan/campuran dasar sampai merata, dan ditunggu sampai setengah kering.

(9) Selanjutnya di atas campuran yang telah dioleskan dapat diberi selembar mat sesuai dengan kebutuhan, dan dilapisi lagi dengan adonan dasar. Untuk menghindari adanya gelembung udara,



Gambar 3.15. Mengoleskan Adonan di Atas Mat

pengolesan adonan dasar dilakukan sambil ditekan, sebab gelembung akan mengakibatkan fiberglass mudah keropos. Jumlah pelapisan adonan dasar disesuaikan dengan keperluan, makin tebal lapisan maka akan makin kuat daya tahannya. Selain itu sebagai penguat dapat ditambahkan tulangan besi atau tripleks, terutama untuk bagian yang lebar. Tujuannya adalah agar hasilnya

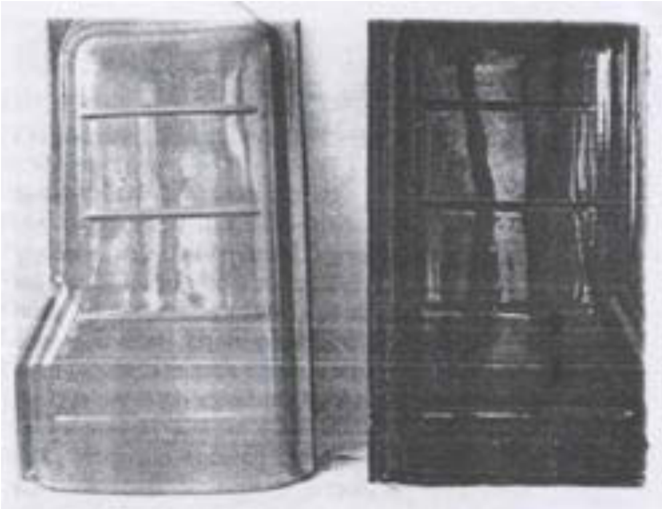
(10) Apabila diperlukan, dilakukan pengerolan menyesuaikan aluralur atau lekukan-lekukan yang ada di cetakan.



Gambar 3.16. Proses Pengerolan

(11) Untuk mempercepat proses pengeringan, dapat dijemur di terik matahari.

(12) Pelepasan fiberglass hasil dilakukan apabila lapisan adonan tersebut sudah kering dan mengeras, sebab apabila dilepas sebelum kering dapat terjadi penyusutan.



Gambar 3.17. Fiberglass

(c) Finishing atau penyempurnaan.

(1) Pada langkah finishing, dilakukan pengamplasan permukaan fiberglass, pendempulan, dan pengecatan sesuai dengan warna yang diinginkan.



Gambar 3.18.

Referensi :

Untuk membuat adonan fiberglass sebenarnya dapat dilakukan dengan bahan yang tidak sebanyak bahan-bahan yang diuraikan di atas. Bahan minimal yang harus ada yaitu : talk, resin, katalis, mat, dan bahan pelicin. Bahan pelican tidak harus menggunakan mirror atau PVA. Bahan yang menimbulkan efek licin ini dapat digantikan dengan bahan pelicin lantai. Dalam hal ini oli tidak dapat dipergunakan.

c. Rangkuman 2

1) Bahan pembuat fiberglass pada umumnya terdiri dari 11 macam bahan, 6 macam sebagai bahan utama dan 5 macam sebagai bahan finishing yaitu : erosil, pigmen, resin, katalis, talk, mat, aseton, PVA, mirror, cobalt, dan dempul.
2) Proses pembuatan fiberglass diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) tahapan, yaitu : (a) mencampur 6 (enam) bahan utama menjadi bahan dasaran; (b) membuat campuran penguat; dan (c) finishing atau penyempurnaan.

d. Tugas 2

1) Lakukanlah pengamatan di lapangan untuk mengetahui dimana Saudara dapat memperoleh bahan-bahan pembuat fiberglass?

e. Tes Formatif 2

1) Sebutkan bahan-bahan untuk membuat fiberglass dan jelaskan karakteristik dan fungsinya !
2) Coba jelaskan proses pembuatan fiberglas !

f. Lembar Jawaban Tes Formatif 2

1) Bahan pembuat fiberglass terdiri dari 11 macam bahan, 6 macam sebagai bahan utama dan 5 macam sebagai bahan finishing yaltu erosil, pigmen, resin, katalis, talk, mat, aseton, PVA, mirror, cobalt, dan dempul.
   a) Erosil
      Bahan ini berbentuk bubuk sangat halus seperti bedak bayi berwarna putih. Berfungsi sebagai perekat mat agar fliberglass menjadi kuat dan tidak mudah patah/pecah.
   b) Resin

Bahan ini berujud cairan kental seperti lem, berkelir hitam atau bening. Berfungsi untuk mengeraskan semua bahan yang akan dicampur.

c) Katalis

Zat ini berwarna bening dan berfungsi sebagai pengencer.

Zat kimia ini biasanya dijual bersamaan dengan resin.

Perbandingannya adalah resin 1 liter dan katalisnya 1/40 liter.

d) Pigmen

Pigmen adalah zat pewarna sebagai pencampur saat bahan fiberglass dicampur. Pemilihan warna disesuaikan dengan selera pembuatnya. Pada umumnya pemilihan warna untuk mempermudah proses akhir saat pengecatan.

e) Mat

Bahan ini berupa anyaman mirip kain dan terdiri dan beberapa model, dari model anyaman halus sampai dengan anyaman yang kasar atau besar dan jarang-jarang. Berfungsi sebagai pelapis campuran/adonan dasar fiberglass, sehingga sewaktu unsur kimia tersebut bersenyawa dan mengeras, mat berfungsi sebagai pengikatnya. Akibatnya fiberglass menjadi kuat dan tidak getas.

f) Talk

Sesuai dengan namanya, bahan ini berupa bubuk berwarna putih seperti sagu. Berfungsi sebagai campuran adonan fiberglass agar keras dan agak lentur.

g) Aseton

Pada umumnya cairan ini berwarna bening, fungsinya seperti katalis yaltu untuk mencairkan resin. Zat ini digunakan apabila terlalu kental yang akan mengakibatkan pembentukan fiberglass menjadi sulit dan lama keringnya.

h) Cobalt

Cairan kimia ini berwarna kebiru-biruan. Berfungsi sebagai bahan aktif pencampur katalis agar cepat kering, terutama apabila kualitas katalisnya kurang balk dan terlalu encer. Bahan ini dikategorikan sebagai penyempurna, sebab tdak semua bengkel

menggunakannya. Hal ini tergantung pada kebutuhan pembuat dan kualitas resin yang digunakannya. Perbandingannya adalah 1 tetes cobalt dicampur dengan 3 liter katalis. Apabila perbandingan cobalt terlalu banyak, dapat menimbulkan api.

i) PVA

Bahan ini berupa cairan kimia berkelir biru seperti spiritus. Berfungsi untuk melapis antara master mal/cetakan dengan bahan fiberglass. Tujuannya adalah agar kedua bahan tersebut tidak saling menempel, sehingga fiberglass hasil cetakan dapat dilepas dengan mudah dari master mal atau cetakannya.

j) Mirror

Sesuai namanya, manfaatnya hampir sama dengan PVA, yaitu menimbulkan efek licin. Bahan ini berwujud pasta dan mempunyai warna bemacam-macam.

k) Dempul Fiberglass

Setelah hasil cetakan terbentuk dan dilakukan pengamplasan, permukaan yang tidak rata dan berpori-pori perlu dilakukan pendempulan. Tujuannya agar permukaan fiberglass hasil cetakan menjadi lebih halus dan rata sehingga siap dilakukan pengerjaan lebih lanjut.

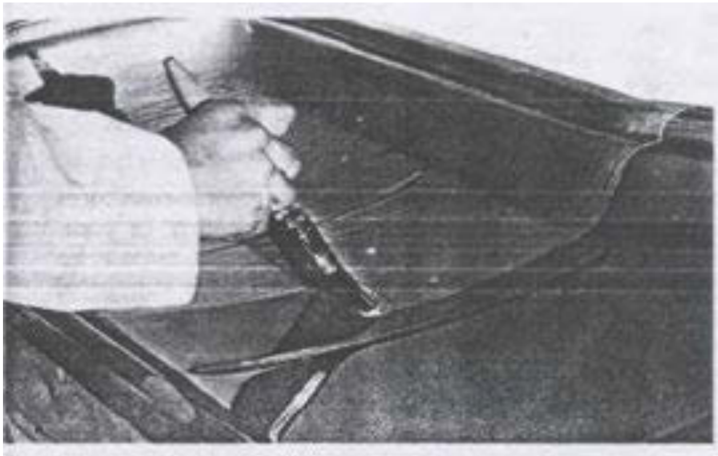
2) Proses pembuatan fiberglass diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) tahapan, yaitu (a) mencampur 6 (enam) bahan utama menjadi bahan dasaran; (b) membuat campuran penguat; dan (c) finishing atau penyempurnaan. Agar dapat dihasilkan kualitas fiberglass yang kuat, campuran bahan untuk master cetakan harus lebih tebal daripada fiberglass hasil, yaitu sekitar 2-3 mm atau dilakukan 3- 4 kali pelapisan. Sebagai gambaran misalnya akan membuat sebuah komponen bodi kendaraan. Proses membuat campurannya adalah sebagai berikut :

a. Resin sejumlah 1,5 — 2 liter dicampur dengan talk dan diaduk rata. Apabila campuran yang terjadi terlalu kental maka perlu ditambahkan katalis. Penggunaan katalis harus sesuai dengan perbandingan 1 : 1/40. Oleh karena itu apabila resinnya 2 liter, maka katalisnya 50 cc.

b. Selanjutnya ditambahkan erosil antara 400 — 500 gram pada campuran tersebut dan ditambahkan pula pigmen atau zat pewarna.

c. Apabila semua campuran tersebut diaduk masih terlalu kental, maka perlu ditambahkan katalis dan apabila campurannya terialu encer dapat ditambahkan aseton. Pemberian banyak sedikitnya katalis akan mempengaruhi cepat atau lambatnya proses pengeringan. Pada cuaca yang dingin akan dibutuhkan katalis yang lebih banyak.

d. Setelah campuran bahan dasar dibuat, langkah berikutnya adalah memoles permukaan cetakan dengan mirror (sebagai pelicin dan pengkilap) dan dilakukan memutar sampai lapisannya benar-benar merata.



e. Agar didapatkan hasil yang lebih baik, perlu ditunggu beberapa menit sampai pelicin tersebut menjadi kering. Untuk mempercepat proses pengeringan, dapat dijemur di terik matahari. Cetakan 28

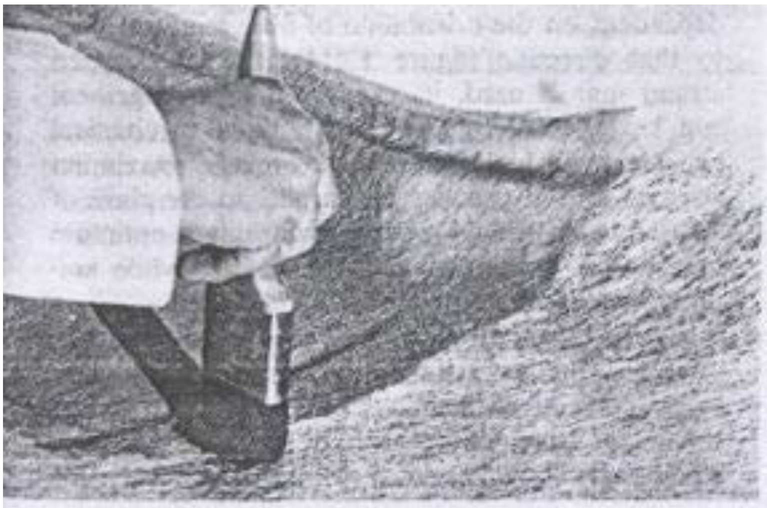
f. Apabila mirror sudah terserap, permukaan cetakan dapat dilap dengan menggunakan kain bersih hingga mengkilap.

g. Selanjutnya permukaan cetakan dioleskan PVA untuk menjaga agar permukaan cetakan tidak lengket dengan fiberglass hasil.

h. Langkah berikutnya adalah mengoleskan permukaan cetakan dengan adonan/campuran dasar sampai merata, dan ditunggu sampai setengah kering.

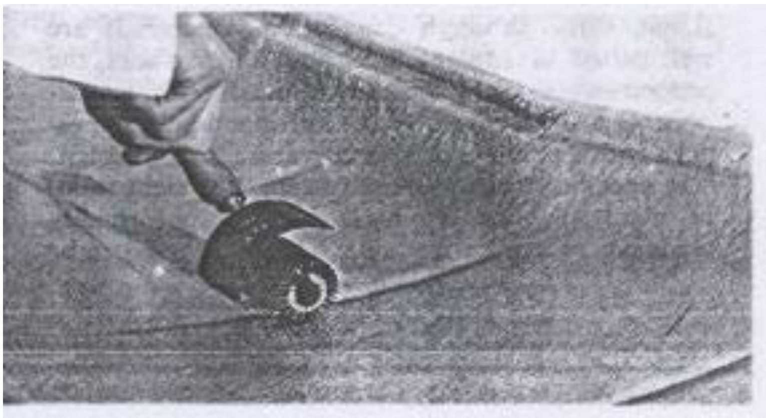
i. Selanjutnya di atas campuran yang telah dioleskan dapat diberi selembar mat sesuai dengan kebutuhan, dan dilapisi lagi dengan adonan dasar. Untuk menghindari adanya gelembung udara,

pengolesan adonan dasar dilakukan sambil ditekan, sebab gelembung akan mengakibatkan fiberglass mudah keropos. Jumlah



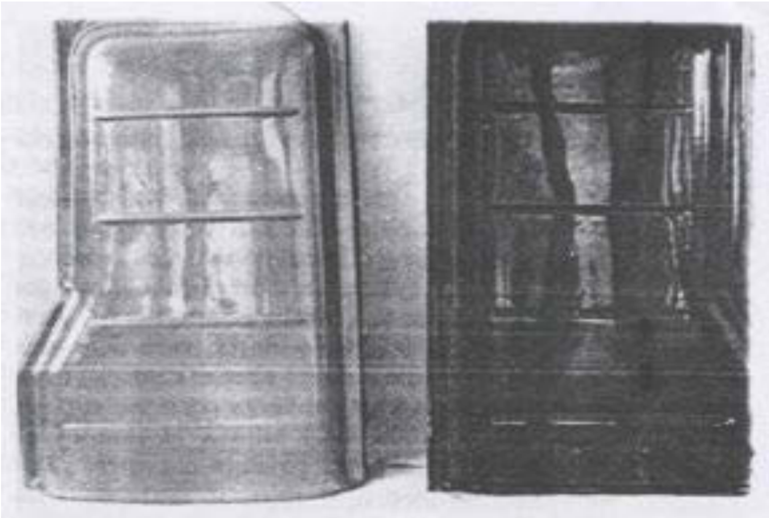
pelapisan adonan dasar disesuaikan dengan keperluan, makin tebal lapisan maka akan makin kuat daya tahannya. Selain itu sebagai penguat dapat ditambahkan tulangan besi atau tripleks, terutama untuk bagian yang lebar. Tujuannya adalah agar hasilnya tidak mengalami kebengkokan.

j. Apabila diperlukan, dilakukan pengerolan menyesuaikan aluralur atau lekukan-lekukan yang ada di cetakan.



k. Untuk mempercepat proses pengeringan, dapat dijemur di terik matahari.

l. Pelepasan fiberglass hasil dilakukan apabila lapisan adonan tersebut sudah kering dan mengeras, sebab apabila dilepas sebelum kering dapat terjadi penyusutan.



m. Pada langkah finishing, dilakukan pengamplasan permukaan fiberglass, pendempulan, dan pengecatan sesuai dengan warna yang diinginkan.

g. Lembar Kerja Peserta Didik 2

1. Sebutkan alat dan bahan untuk pembuatan fiberglass ?
2. Bahan apa yang bisa digunakan sebagai pengganti apabila bahan mirror ada ?
3. Jelaskan langkah kerja secara singkat pembuatan fiberglass ?

3. Kegiatan Belajar 3 : Proses Perbaikan Fiberglass

a. Tujuan Kegiatan Belajar 3

1) Siswa dapat memahami proses perbaikan komponen bodi kendaraan yang terbuat dari fiberglass.
2) Siswa dapat memahami keselamatan kerja dalam proses pembuatan dan perbaikan komponen bodi kendaraan yang terbuat dari fiberglass.

b. Uraian Materi 3

1) Proses Perbaikan Fiberglass

Apabila komponen bodi kendaraan yang terbuat dari fiberglass terjadi kerusakan, misalnya bumper dari fiberglass pecah menjadi dua bagian maka prosedur perbaikannya sebagai berikut :

a). Posisi bumper yang pecah disetel agar berada pada posisi semula (sebelum pecah).

b). Dua bagian bumper yang pecah selanjutnya disatukan dengan mat yang sudah diberi resin, katalis, dan pigmen dalam keadaan basah.

c). Sambungan tersebut didiamkan selama 10 menit, dan dapat dipastikan dua bagian bumper yang pecah tersebut sudah mengering dan menyatu kembali.

d). Untuk proses berikutnya dapat dilakukan dengan penghalusan bagian yang telah ditambal menggunakan dempul fiberglass untuk menutupi lubang-lubang dan meratakan permukaan yang bergelombang.

e). Setelah dempul fiberglass sudah kering dapat dilanjutkan dengan aplikasi dempul plastik untuk menutup dempul fiberglass tersebut.

f). Apabila dempul plastik sudah kering dapat dilakukan pengamplasan sampai rata dan halus sehingga siap dilakukan aplikasi cat warna.

2) Keselamatan Kerja

Dalam proses pembuatan dan perbaikan fiberglass ada beberapa hal yang perlu diperhatikan :

a) Keamanan Dalam Penyimpanan Bahan

Resin merupakan zat yang dapat terbakar (flammable), walaupun tidak mudah terbakar karena titik nyalanya sekitar 310C. Oleh karena itu resin dan katalis perlu disimpan di gudang yang dijaga temperaturnya. Temperatur gudang tidak boleh melebihi 20 0C, dan disimpan paling lama dalam 1 tahun. Apabila disimpan dalam gudang pada temperature tinggi, maka akan mengurangi keselamatan manusia dan lingkungannya.

Sementara itu katalis adalah zat yang juga mudah terbakar dan dapat menghadirkan bahaya kebakaran. Oleh karena itu perlu disimpan di gudang yang terpisah dan berventilasi.

b) Keamanan Dalam Proses Pembuatan dan Perbaikan

Bahan resin mengandung monomeric styrene yang kemungkinan dapat menimbulkan iritasi pada kulit. Metode yang efektif untuk melindungi kulit dari bahaya tersebut yaitu mengoleskan cream atau menggunakan sarung tangan saat proses pembuatan/perbaikan fiberglass.

Katalis dapat menimbulkan iritasi pada kulit lebih tinggi daripada resin, bahkan dapat mengakibatkan kulit terbakar apabila terkenainya dan tidak segera dibersihkan dengan air hangat.

Katalis dan cobalt dengan perbandingan yang terialu banyak dapat menimbulkan api. Apabila tangan tanpa pelindung menyentuh mat, maka tangan akan terasa gatal.

c. Rangkuman 3

1) Prosedur perbaikan komponen bodi kendaraan yang terbuat dari fiberglass adalah sebagai berikut :
   a) Posisi bumper yang pecah disetel agar berada pada posisi semula (sebelum pecah).
   b) Dua bagian bumper yang pecah selanjutnya disatukan dengan mat yang sudah diberi resin, katalis, dan pigmen dalam keadaan basah.
   c) Sambungan tersebut didiamkan selarna 10 menit, dan dapat dipastikan dua bagian bumper yang pecah tersebut sudah mengering dan menyatu kembali.
   d) Untuk proses berikutnya dapat dilakukan dengan penghalusan bagian yang telah ditambal menggunakan dempul fiberglass untuk menutupi lubang-lubang dan meratakan permukaan yang bergelombang.
   e) Setelah dempul fiberglass sudah kering dapat dilanjutkan dengan aplikasi dempul plastik untuk menutup dempul fiberglass tersebut.
   f) Setelah dempul plastik sudah kering dapat dilakukan pengamplasan sampai rata dan halus sehingga siap dilakukan aplikasi cat warna.
2) Dalam proses pembuatan dan perbaikan fiberglass ada beberapa hal yang perlu diperhatikan :
   a) Keamanan Dalam Penyimpanan Bahan

      Resin merupakan zat yang dapat terbakar (flammable), walaupun tidak mudah terbakar karena titik nyalanya sekitar 310C. Oleh karena itu resin dan katalis perlu disimpan di gudang yang dijaga temperaturnya. Temperatur gudang tidak boleh melebihi 20 °C, dan disimpan paling lama dalam 1 tahun. Apabila disimpan dalam gudang pada temperature tinggi, maka akan mengurangi keselamatan manusia dan lingkungannya.

Sementara itu katalis adalah zat yang juga mudah terbakar dan dapat menghadirkan bahaya kebakaran. Oleh karena itu perlu disimpan di gudang yang terpisah dan berventilasi.

b) Keamanan Dalam Proses Pembuatan dan Perbaikan

Bahan resin mengandung monomeric styrene yangkemungkinan dapat menimbulkan iritasi pada kulit. Metode yang efektif untuk melindungi kulit dari bahaya tersebut yaitu mengoleskan cream atau menggunakan sarung tangan saat proses pembuatan/perbaikan fiberglass.

Katalis dapat menimbulkan iritasi pada kulit lebih tinggi daripada resin, bahkan dapat mengakibatkan kulit terbakar apabila terkenainya dan tidak segera dibersihkan dengan air hangat.

Katalis dan cobalt dengan perbandingan yang terialu banyak dapat menimbulkan api. Apabila tangan tanpa pelindung menyentuh mat, maka tangan akan terasa gatal.

d. Tugas 3

1) Lakukanlah pengamatan untuk menentukan kerusakan yang terjadi pada komponen bodi kendaraan yang terbuat dari fiberglass, selanjutnya terangkan prosedur perbaikannya?

e. Tes Formatif 3

1) Coba jelaskan proses perbaikan komponen bodi kendaraan dari fiberglass yang mengalami kerusakan !
2) Hal-hal apa yang perlu diperhatikan dalam proses pembuatan dan perbaikan fiberglass?

f. Lembar Jawaban Tes Formatif 3

1) Prosedur perbaikan komponen bodi kendaraan yang terbuat dan fiberglass adalah sebagai berikut:
   a) Posisi bumper yang pecah disetel agar berada pada posisi semula (sebelum pecah).
   b) Dua bagian bumper yang pecah selanjutnya disatukan dengan mat yang sudah diberi resin, katalis, dan pigmen dalam keadaan basah.
   c) Sambungan tersebut didiamkan selama 10 menit, dan dapat dipastikan dua bagian bumper yang pecah tersebut sudah mengering dan menyatu kembali.
   d) Untuk proses berikutnya dapat dilakukan dengan penghalusan bagian yang telah ditambal menggunakan dempul fiberglass untuk menutupi lubang-lubang dan meratakan permukaan yang bergelombang.
   e) Setelah dempul fiberglass sudah kering dapat dilanjutkan dengan aplikasi dempul plastik untuk menutup dempul fiberglass tersebut.
   f) Apabila dempul plaslik sudah kering dapat dilakukan pengamplasan sampai rata dan halus sehingga siap dilakukan aplikasi cat warna.
2) Dalam proses pembuatan dan perbaikan fiberglass ada beberapa hal yang perlu diperhatikan :
   a) Keamanan Dalam Penyimpanan Bahan Resin merupakan zat yang dapat terbakar (flammable), walaupun tidak mudah terbakar karena titik nyalanya sekitar 310C. Oleh karena itu resin dan katalis perlu disimpan di gudang yang dijaga temperaturnya. Temperatur gudang tidak boleh melebihi 20 0C, dan disimpan paling lama dalam 1 tahun. Apabila disimpan dalam gudang pada temperature tinggi, maka akan mengurangi keselamatan manusia dan lingkungannya. Sementara itu katalis adalah zat yang juga mudah terbakar

dan dapat menghadirkan bahaya kebakaran. Oleh karena itu perlu disimpan di gudang yang terpisah dan berventilasi.

b) Keamanan Dalam Proses Pembuatan dan Perbaikan

Bahan resin mengandung monomeric styrene yang kemungkinan dapat menimbulkan iritasi pada kulit. Metode yang efektif untuk melindungi kulit dari bahaya tersebut yaitu mengoleskan cream atau menggunakan sarung tangan saat proses.pembuatan / perbaikan fiberglass.

Katalis dapat menimbulkan iritasi pada kulit lebih tinggi daripada resin, bahkan dapat mengakibatkan kulit terbakar apabila terkenainya dan tidak segera dibersihkan dengan air hangat.

Katalis dan cobalt dengan perbandingan yang terialu banyak dapat menimbulkan api. Apabila tangan tanpa pelindung menyentuh mat, maka tangan akan terasa gatal.

g. Lembar Kerja Peserta Didik 3

Jawablah pertanyaan dibawah ini dengan singkat dan jelas

1. Dalam proses pembuatan dan perbaikan fiberglass ada beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah ?

II. Pembelajaran K3

A. Deskripsi

Modul ini diharapkan dapat membantu siswa mempelajari mata pelajaran Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Kompetensi yang diharapkan dari modul ini, siswa dapat menguasai prosedur Keselamatan dan Kesehatan dalam bekerja, kesehatan individu dan kesehatan linngkungan kerja, penanganan situasi darurat, dalam bekerja, serta ergonomic dan produktifitas kerja.

Dengan demikian siswa diharapkan memiliki pengetahuan dan wawasan tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja dalam bekerja sehari-hari baik dirumah, laboratorium sekolah, maupun di tempat kerja nantinya sehingga akan tercipta sumber daya manusia yang dapat bekerja dengan aman, sehat, selamat, handal, berkualitas dan memilki produktivitas yang tinggi.

Kegiatan pembelajaran dilakukan dengan pendekatan SCL (Student Centre Learning) dan evaluasi dilakukan baik dengan Test dan Non Test.

B. Kegiatan Belajar

1. Kegiatan Belajar 1. Pengertian K3

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari modul ini, siswa diharapkan:

a. mampu menjelaskan sejarah Keselamatan Kesehatan dan kerja (K3),
b. mampu menjelaskan pengertian Keselamatan Kesehatan dan kerja (K3),

b. Uraian Materi

1. Sejarah K3 di Indonesia

Perkembangan Higiene Industri di Indonesia tidak diketahui secara pasti kapan tepatnya, namun perkembangan Higene Industri di Indonesia yang sesungguhnya baru dirasakan beberapa tahun setelah kita merdeka yaitu pada saat munculnya Undang-undang Kerja dan Undang-undang Kecelakaan. Pokok-pokok tentang Higene Industri dan Kesehatan Kerja telah dimuat dalam Undang-undang tersebut, meski tidak atau belum diberlakukan saat itu juga.

Selanjutnya oleh Departemen Perburuhan (sekarang Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi) pada tahun 1957 didirikan Lembaga Kesehatan Buruh yang kemudian pada tahun 1965 berubah menjadi Lembaga Keselamatan dan Kesehatan Buruh. Dan pada tahun 1966 fungsi dan kedudukan Higene Industri didalam aparatur pemerintahan menjadi lebih jelas lagi yaitu dengan didirikannya Lembaga Higene Perusahaan (Higene Industri) dan Kesehatan Kerja di Departemen Tenaga Kerja dan Dinas Higene Perusahaan/Sanitasi Umum serta Dinas Kesehatan Tenaga Kerja di Departemen Kesehatan. Disamping itu juga tumbuh organisasi swasta yaitu Yayasan Higene Perusahaan yang berkedudukan di Surabaya.

Untuk selanjutnya organisasi Hiperkes yang ada dipemerintahan dari tahun ke tahun selalu mengalami perubahan-perubahan dengan nama-nama sebagai berikut :

a) Pada tahun 1969 Lembaga Higene Perusahaan dan Kesehatan Kerja berubah menjadi Lembaga Nasional Higene Perusahaan dan Kesehatan Kerja.
b) Pada tahun 1978 berubah menjadi Pusat Bina Higene Perusahaan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja.
c) Pada tahun 1983 berubah lagi menjadi Pusat Higene Perusahaan dan Kesehatan Kerja.

d) Pada tahun 1988 berubah menjadi Pusat Pelayanan Ergonomi, Higene Perusahaan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja.
e) Selanjutnya pada tahun 1993 berubah lagi menjadi Pusat Higene Perusahaan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja.
f) Pada tahun 1998 berubah lagi menjadi Pusat Hiperkes dan Keselamatan Kerja.
g) Nama tersebut pada tahun 2001 berubah pula menjadi Pusat Pengembangan Keselamatan Kerja dan Hiperkes.
h) Dan pada akhir tahun 2005 menjadi Pusat Keselamatan Kerja dan Hiperkes

Jadi jelas bahwa pengembangan Higene Perusahaan (Higene Industri) di Indonesia berjalan bersama-sama dengan pengembangan Kesehatan Kerja yaitu selain melalui institusi, juga dilakukan upaya-upaya melalui penerbitan buku-buku seperti Ilmu Kesehatan Buruh (1965). Ilmu Higene Perusahaan dan Kesehatan Kerja (1967), Ergonomi dan Produktivitas Kerja. Majalah Triwulan Higene Perusahaan, Kesehatan dan Keselamatan Keja dan Jaminan Sosial juga buku-buku Pedoman Hiperkes dan Keselamatan (semacam penuntun Penerapan Hiperkes dan Keselamatan Kerja di Perusahaan) serta *leaflet* tentang panduan kerja di laboratorium Hiperkes dan lain-lain yang disebar luaskan ke seluruh pelosok Tanah Air.

Kegiatan lain seperti Seminar, Konvensi, Lokakarya, Bimbingan Terapan Teknologi Hiperkes dan Keselamatan Kerja diadakan secara terus-menerus. Dalam pembinaan personil dilaksanakan dengan menyelenggarakan kursus dan latihan di dalam negeri, disamping pendidikan formal baik yang diselenggarakan di dalam maupun di luar negeri.

Dari segi Perundang-undangan yang berlaku, yaitu Peraturan Perundangan yang menyangkut Hiperkes yang terdapat di dalam Undang-Undang, Peraturan Menteri dan Surat Edaran Menteri telah banyak diterbitkan.

Upaya pembinaan Laboratorium Hiperkes dan Keselamatan Kerja yang dimulai sejak tahun 1973 sampai dengan tahun 1993 telah berdiri 14 laboratorium Balai Hiperkes dan Keselamatan kerja yang terletak di 14 propinsi.

2. Pengertian K3

Suatu PEMIKIRAN dan UPAYA untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik Jasmaniah maupun rohaniah TENAGA KERJA khususnya dan MANUSIA pada umumnya, Peralatan ,lingkungan kerja , hasil karya dan budayanya menuju masyarakat yang adil makmur dan Sejahtera.

Adalah ilmu yang mempelajari cara/metode yang dapat menjamin agar para pekerja dalam melaksanakan pekerjaannya tetap sehat baik fisik, mental dan sosial serta terhindar dari kecelakaan.

Keselamatan kerja adalah keselamatan yang bertalian dengan mesin, pesawat, alat kerja,

bahan & proses pengolahannya, landasan tempat kerja & lingkungannya serta cara-cara melakukan pekerjaan. Keselamatan kerja menyangkut segenap proses produksi distribusi baik barang maupun jasa. Kecelakaan kerja adalah kejadian yang tak terduga & tidak diharapkan yang terjadi pada waktu bekerja pada perusahaan. Tak terduga,



gambar 4.1

oleh karena dibelakang peristiwa itu tidak terdapat unsur kesengajaan, lebih-lebih dalam bentuk perencanaan.

Kesehatan kerja adalah adalah merupakan aplikasi kesehatan masyarakat didalam suatu tempat kerja (perusahaan, pabrik, kantor dan sebagainya) dan yang menjadi pasien dari kesehatan kerja ialah masyarakat pekerja dan masyarakat sekitar perusahaan tersebut.

Apabila didalam kesehatan masyarakat ciri pokoknya adalah upaya preventif (pencegahan penyakit) dan promotif (peningkatan kesehatan) maka dalam kesehatan kerja maka kedua hal tersebut juga menjadi ciri pokok.

Oleh sebab itu, dalam kesehatan kerja pedomannya ialah : "Penyakit dan kecelakaan akibat kerja dapat dicegah", maka upaya pokok kesehatan kerja ialah pencegahan kecelakaan akibat kerja.

Disamping itu, dalam kaitannya dengan masyarakat di sekitar perusahaan, kesehatan kerja juga mengupayakan agar perusahaan tersebut dapat mencegah timbulnya penyakit-penyakit yang diakibatkan oleh limbah atau produk perusahaan tersebut. Sedangkan upaya promotif berpedoman, bahwa dengan meningkatnya kesehatan kerja akan meningkatkan juga produktivitas kerja.

Oleh karena itu, upaya pokok kesehatan kerja yang kedua adalah promosi (peningkatan) kesehatan masyarakat pekerja dalam rangka peningkatan produktivitas kerja.

Seperti halnya pada kesehatan masyarakat, meskipun fokus kegiatannya pada preventif dan promotif tetapi tidak berarti meninggalkan sama sekali upaya-upaya kuratif. Dalam kesehatan kerja juga tidak meninggalkan sama sekali upaya-upaya kuratif, dalam batas-batas pelayanan dasar (primary care).

Hal ini berarti kesehatan kerja didalam suatu perusahaan, meskipun upaya pokoknya pencegahan penyakit dan kecelakaan akibat kerja serta promosi kesehatan kerja, namun perlu dilengkapi dengan pelayanan pemeriksaan dan pengobatan penyakit atau kecelakaan yang terjadi pada pekerja atau keluarganya.

Keluarga pekerja memang bukan secara langsung menjadi anggota masyarakat pekerja, namun peranan keluarga (isteri atau suami)

sangat penting dalam mencegah penyakit dan kecelakaan kerja serta peningkatan kesehatan pekerja.

Dari aspek ekonomi penyelenggaraan kesehatan kerja bagi suatu perusahaan adalah sangat menguntungkan, karena tujuan akhir dari kesehatan kerja adalah untuk meningkatkan produktivitas seoptimal mungkin. Dengan tidak terjadinya penyakit dan kecelakaan akibat kerja maka berarti tidak adanya absentisme pada pekerja.

Selain itu, dengan meningkatnya status kesehatan yang seoptimal mungkin bagi setiap pekerja sudah barang tentu akan berpengaruh terhadap meningkatnya produktivitas. Tidak adanya absentisme (atau rendahnya angka absentisme) dan meningkatnya status kesehatan pekerja ini jelas akan meningkatkan efisiensi, yang bermuara terhadap meningkatnya keuntungan perusahaan.

Dari uraian tersebut di atas dirumuskan, kesehatan kerja adalah merupakan bagian dari kesehatan masyarakat atau aplikasi kesehatan masyarakat didalam suatu masyarakat pekerja dan masyarakat lingkungannya.

Kesehatan kerja bertujuan untuk memperoleh derajat kesehatan yang setinggi-tingginya, baik fisik, mental, dan sosial bagi masyarakat pekerja dan masyarakat lingkungan perusahaan tersebut, melalui usaha-usaha preventif, promotif dan kuratif terhadap penyakit-penyakit atau gangguan-gangguan kesehatan akibat kerja atau lingkungan kerja.

Kesehatan kerja ini merupakan terjemahan dari "Occupational Health" yang cenderung diartikan sebagai lapangan kesehatan yang mengurusi masalah-masalah kesehatan secara menyeluruh bagi masyarakat pekerja. Menyeluruh dalam arti usaha-usaha preventif, promotif, kuratif dan rehabilitatif, higiene, penyesuaian faktor manusia terhadap pekerjaannya, dan sebagainya.

Secara implisit rumusan atau batasan ini bahwa hakekat kesehatan kerja mencakup 2 hal yakni :

Pertama sebagai alat untuk mencapai derajat kesehatan tenaga kerja yang setinggi-tingginya. Tenaga kerja disini mencakup antara lain buruh atau karyawan, petani, nelayan, pekerja-pekerja sektor non formal, pegawai negeri dan sebagainya.

Kedua sebagai alat untuk meningkatkan produksi, yang berlandaskan kepada meningkatnya efisiensi dan produktivitas. (Sumakmur, 1991).

Apabila kedua prinsip tersebut dijabarkan kedalam bentuk operasional maka tujuan utama kesehatan kerja adalah sebagai berikut :

a. Pencegahan dan pemberantasan penyakit-penyakit dan kecelakaan-kecelakaan akibat kerja.
b. Pemeliharaan dan peningkatan kesehatan dan gizi tenaga kerja.
c. Perawatan dan mempertinggi efisiensi dan produktivitas tenaga kerja.
d. Pemberantasan kelelahan kerja dan meningkatkan kegairahan serta kenikmatan kerja.
e. Perlindungan bagi masyarakat sekitar perusahaan agar terhindar dari bahaya-bahaya pencemaran yang ditimbulkan oleh perusahaan tersebut.
f. Perlindungan masyarakat luas dari bahaya-bahaya yang mungkin ditimbulkan oleh produk-produk perusahaan.

Tujuan akhir dari kesehatan kerja ini adalah untuk menciptakan tenaga kerja yang sehat dan produktif. Tujuan ini dapat tercapai, apabila didukung oleh lingkungan kerja yang memenuhi syarat-syarat kesehatan.

Lingkungan kerja yang mendukung terciptanya tenaga kerja yang sehat dan produktif antara lain suhu ruangan yang nyaman, penerangan / pencahayaan yang cukup, bebas dari debu, sikap

badan yang baik, alat-alat kerja yang sesuai dengan ukuran tubuh atau anggotanya (ergonomic), dan sebagainya.

1) Faktor Fisik

Seperti telah diuraikan terdahulu bahwa tujuan akhir dari kesehatan kerja adalah untuk mencapai kesehatan masyarakat pekerja dan produktivitas kerja yang setinggi-tingginya. Untuk mencapai tujuan-tujuan ini diperlukan suatu pra kondisi yang menguntungkan bagi masyarakat pekerja tersebut.

Pra kondisi inilah yang disebut sebagai diterminan kesehatan kerja, yang mencakup 3 faktor utama, yakni beban kerja, beban tambahan akibat dari lingkungan kerja, dan kemampuan kerja.

a. Beban Kerja

Setiap pekerjaan apapun jenisnya apakah pekerjaan tersebut memerlukan kekuatan otot atau pemikiran adalah merupakan beban bagi yang melakukan. Dengan sendirinya beban ini dapat berupa beban fisik, beban mental ataupun beban sosial sesuai dengan jenis pekerjaan si pelaku.

Seorang kuli angkat junjung di pelabuhan sudah barang tentu akan memikul beban fisik lebih besar daripada beban mental atau sosial. Sebaliknya seorang petugas bea dan cukai pelabuhan akan menanggung beban mental dan sosial lebih banyak daripada beban fisiknya.

Masing-masing orang memiliki kemampuan yang berbeda dalam hubungannya dengan beban kerja ini. Ada orang yang lebih cocok untuk menanggung beban fisik tetapi orang lain akan lebih cocok melakukan pekerjaan yang lebih banyak pada beban mental atau sosial. Namun demikian secara umum atau rata-rata mereka ini sebenarnya dapat memikul beban dalam batas tertentu atau suatu beban yang optimal bagi seseorang.

Oleh sebab itu, penempatan seorang pekerja atau karyawan seharusnya setepat sesuai dengan beban optimum yang sanggup dilakukan. Tingkat ketepatan penempatan seseorang pada suatu pekerjaan, disamping didasarkan pada beban optimum, juga dipengaruhi oleh pengalaman, keterampilan, motivasi dan sebagainya.

Kesehatan kerja berusaha mengurangi atau mengatur beban kerja para karyawan atau pekerja dengan cara merencanakan atau mendesain suatu alat yang dapat mengurangi beban kerja. Misalnya alat untuk mengangkat barang yang berat diciptakan gerobak, untuk mempercepat pekerjaan tulis-menulis diciptakan mesin ketik, untuk membantu mengurangi beban hitung-menghitung diciptakan kalkulator atau komputer, dan sebagainya.

b. Beban Tambahan

Disamping beban kerja yang harus dipikul oleh pekerja atau karyawan, pekerja sering atau kadang-kadang memikul beban tambahan yang berupa kondisi atau lingkungan yang tidak menguntungkan bagi pelaksanaan pekerjaan. Disebut beban tambahan karena lingkungan tersebut mengganggu pekerjaan dan harus diatasi oleh pekerja atau karyawan yang bersangkutan.

Beban tambahan ini dapat dikelompokkan menjadi 5 faktor, yakni :

a) Faktor fisik, misalnya penerangan / pencahayaan yang tidak cukup, suhu udara yang panas, kelembaban yang tinggi atau rendah, suara yang bising, dan sebagainya.
b) Faktor kimia, yaitu bahan-bahan kimia yang menimbulkan gangguan kerja, misalnya bau gas, uap atau asap, debu dan sebagainya.

c) Faktor biologi, yaitu binatang atau hewan dan tumbuh-tumbuhan yang menyebabkan pandangan tidak enak mengganggu, misalnya nyamuk, lalat, kecoa, lumut, taman yang tidak teratur, dan sebagainya.
d) Faktor fisiologis, yakni peralatan kerja yang tidak sesuai dengan ukuran tubuh atau anggota badan (ergonomic), misalnya meja atau kursi yang terlalu tinggi atau pendek.
e) Faktor sosial-psikologis, yaitu suasana kerja yang tidak harmonis, misalnya adanya klik, gosip, cemburu dan sebagainya.

Agar faktor-faktor tersebut tidak menjadi beban tambahan kerja atau setidak-tidaknya mengurangi beban tambahan tersebut maka lingkungan kerja harus ditata secara sehat atau lingkungan kerja yang sehat.

Lingkungan kerja yang tidak sehat akan menjadi beban tambahan bagi kerja atau karyawan, misalnya :

a. Penerangan atau pencahayaan ruangan kerja yang tidak cukup dapat menyebabkan keletihan mata.
b. Kegaduhan dan bising dapat mengganggu konsentrasi, mengganggu daya ingat dan menyebabkan kelelahan psikologis.
c. Gas, uap, asap dan debu yang terhisap lewat pernapasan dapat mempengaruhi berfungsinya berbagai jaringan tubuh yang akhirnya menurunkan daya kerja.
d. Binatang, khususnya serangga (nyamuk, kecoa, lalat, dan sebagainya) disamping mengganggu konsentrasi kerja juga merupakan pemindahan (vektor) dan penyebab penyakit.
e. Alat-alat bantu kerja yang tidak ergonomis (tidak sesuai dengan ukuran tubuh) akan menyebabkan kelelahan kerja yang cepat.

f. Hubungan atau iklim kerja yang tidak harmonis dapat menimbulkan kebosanan, tidak betah kerja dan sebagainya yang akhirnya menurunkan produktivitas kerja.

Agar faktor-faktor tersebut tidak menjadi beban tambahan kerja, faktor lingkungan tersebut dapat diatur sedemikian rupa sehingga dapat meningkatkan gairah kerja, misalnya :

a. Penerangan / pencahayaan yang cukup, standar penerangan tempat kerja setara dengan 100-200 kaki lilin. Penggunaan lampu neon (fluorecent) dianjurkan karena kesilauan rendah, tidak banyak bayangan, dan suhu rendah.
b. Dekorasi warna di tempat kerja. Warna atau cat tembok mempunyai arti penting dalam kesehatan kerja. Warna merah padam misalnya, dapat merangsang seseorang bekerja lebih cepat daripada warna biru.
c. Ruangan yang diberi pendingin (AC) akan menimbulkan efisiensi kerja namun suhu yang terlalu dingin juga akan mengurangi efisiensi.
d. Bebas serangga (lalat, nyamuk, kecoa) dan bebas dari bau-bauan yang tidak sedap.
e. Penggunaan musik di tempat kerja, dan sebagainya.

2) Kemampuan Kerja

Kemampuan seseorang dalam melakukan pekerjaan berbeda dengan seseorang yang lain meskipun pendidikan dan pengalamannya sama dan bekerja pada suatu pekerjaan atau tugas yang sama. Perbedaan ini disebabkan karena kapasitas orang tersebut berbeda.

Kapasitas adalah kemampuan yang dibawa dari lahir oleh seseorang yang terbatas. Artinya kemampuan tersebut dapat berkembang karena pendidikan atau pengalaman tetapi sampai

pada batas-batas tertentu saja. Jadi, dapat diumpamakan kapasitas ini adalah suatu wadah kemampuan yang dipunyai oleh masing-masing orang.

Kapasitas dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain gizi dan kesehatan ibu, genetik dan lingkungan. Selanjutnya kapasitas ini mempengaruhi atau menentukan kemampuan seseorang. Kemampuan seseorang dalam melakukan pekerjaan disamping kapasitas juga dipengaruhi oleh pendidikan, pengalaman, kesehatan, kebugaran, gizi, jenis kelamin dan ukuran-ukuran tubuh.

Kemampuan tenaga kerja pada umumnya diukur dari keterampilannya dalam melaksanakan pekerjaan. Semakin tinggi keterampilan yang dimiliki oleh tenaga kerja, semakin efisien badan (anggota badan), tenaga dan pemikiran (mentalnya) dalam melaksanakan pekerjaan. Penggunaan tenaga dan mental atau jiwa yang efisien, berarti beban kerjanya relatif rendah.

Dari laporan-laporan yang ada, para pekerja yang mempunyai keterampilan yang tinggi, angka absenteisme karena sakit lebih rendah daripada mereka yang keterampilannya rendah. Pekerja yang keterampilannya rendah akan menambah beban kerja mereka, yang akhirnya berpengaruh terhadap kesehatan mereka.

Oleh karena kebugaran, pendidikan dan pengalaman mempengaruhi tingkat keterampilan pekerja maka keterampilan atau kemampuan pekerja senantiasa harus ditingkatkan melalui program-program pelatihan, kebugaran dan promosi kesehatan.

Peningkatan kemampuan tenaga kerja ini akhirnya akan berdampak terhadap peningkatan produktivitas kerja. Program perbaikan gizi melalui pemberian makanan tambahan bagi tenaga kerja terutama bagi pekerja kasar misalnya adalah merupakan

faktor yang sangat penting untuk meningkatkan produktivitas kerja.

Sejak zaman purbakala, manusia telah menggunakan alat dalam bekerja. Pada zaman batu misalnya, manusia telah membuat alat-alat dari batu, antara lain kapak, cangkul, palu dan sebagainya untuk membantu dalam melakukan pekerjaan mereka.

Dengan perkembangan zaman, alat-alat tersebut berkembang ke arah yang lebih sempurna seperti cangkul atau alat untuk bercocok tanam dibuat dari besi baja. Bahkan sampai dewasa ini petani dari beberapa daerah telah menggunakan traktor untuk bercocok tanam. Demikian pula di bidang lain manusia secara berangsur-angsur telah mengganti peralatan kerja dari yang paling sederhana sampai dengan yang paling canggih.

Peralatan-peralatan kerja tersebut dibuat dan digunakan karena manusia menyadari bahwa dengan hanya menggunakan tenaga manusia saja kurang efektif dalam menyelesaikan pekerjaannya. Bisa kita bayangkan bagaimana seandainya pengolahan tanah pertanian hanya dengan tangan manusia saja, tanpa menggunakan cangkul, bajak atau traktor.

Akhirnya disadari bahwa tenaga manusia merupakan alat produksi yang paling tidak efisien ditinjau dari aspek tenaga dan keluaran atau hasilnya. Dari penelitian para ahli kesehatan kerja, ternyata tenaga yang dapat dikeluarkan oleh rata-rata pekerja pria normal berumur antara 25-40 tahun hanya sebesar 0,2 PK. Seorang pekerja tidak mampu dibebani lebih dari 30% dari tenaga maksimumnya selama 8 jam sehari (Silalahi, 1985).

Dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, sebagai konsekuensinya, tuntutan manusia semakin tinggi. Selanjutnya dalam memenuhi tuntutan hidup ini, manusia semakin memerlukan peralatan dan perlengkapan yang lebih canggih

untuk mencapai hasil yang efisien. Akan tetapi semakin canggih peralatan yang digunakan manusia, semakin besar pula bahaya yang ditimbulkan.

Bahaya kecelakaan akibat menggunakan mesin tenun modern, jelas akan lebih besar daripada bahaya kecelakaan akibat dari alat tenun tradisional meskipun mesin tenun modern lebih efisien daripada alat tenun tradisional.

Namun bagaimanapun tidak efisiensinya tenaga manusia dalam kerja, tenaga manusia tetap diperlukan dalam proses produksi. Peralatan kerja sebenarnya hanya sebagai alat bantu manusia sebagai tenaga kerja tersebut. Masalahnya sekarang adalah bagaimana tenaga kerja (manusia) tetap aman dan sehat atau tercegah dari bahaya-bahaya akibat kerja tersebut.

Hal ini semua adalah sangat tergantung kepada tenaga kerja itu sendiri yang memegang kendali alat dan lingkungan kerjanya. Dengan kata lain aspek manusia adalah merupakan faktor penting dalam mencapai keselamatan dan kesehatan kerja. Dua faktor penting dari aspek manusia dalam hubungannya dengan hal ini adalah ergonomi dan psikologi kerja.

(1). Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa Yunani, ergon yang artinya kerja dan nomos artinya peraturan atau hukum. Sehingga secara harfiah ergonomi diartikan sebagai peraturan tentang bagaimana melakukan kerja, termasuk menggunakan peralatan kerja. Selanjutnya seirama dengan perkembangan kesehatan kerja ini maka hal-hal yang mengatur antara manusia sebagai tenaga kerja dan peralatan kerja atau mesin juga berkembang menjadi cabang ilmu tersendiri.

Sehingga dewasa ini, batasan ergonomi adalah ilmu penyesuaian peralatan dan perlengkapan kerja dengan kondisi

dan kemampuan manusia sehingga mencapai kesehatan tenaga kerja dan produktivitas kerja yang optimal. Dari batasan ini terlihat bahwa ergonomi tersebut terdiri dari 2 sub sistem, yakni sub sistem peralatan kerja dan sub sistem manusia. Sub sistem manusia ini terdiri dari bagian-bagian yang lain diantaranya psikologi, latar belakang sosial, dan sebagainya.

Oleh sebab itu, tujuan dari ergonomi ini adalah untuk menciptakan suatu kombinasi yang paling serasi antara sub sistem peralatan kerja dengan manusia sebagai tenaga kerja. Di berbagai negara tidak menggunakan istilah ergonomi, misalnya di negara-negara Skandinavia menggunakan istilah bioteknologi. Sedangkan di negara-negara lain seperti Amerika Utara menggunakan istilah Human Factors Enginering.

Meskipun istilah ergonomi di berbagai negara berbeda-beda namun mempunyai misi tujuan yang sama. Dua misi pokok ergonomi adalah :

a. Penyesuaian antara peralatan kerja dengan kondisi tenaga kerja yang menggunakan. Kondisi tenaga kerja ini bukan saja aspek fisiknya (ukuran anggota tubuh : tangan, kaki, tinggi badan) tetapi juga kemampuan intelektual atau berpikirnya. Cara meletakkan dan penggunaan mesin otomatik dan komputerisasi di suatu pabrik misalnya, harus disesuaikan dengan tenaga kerja yang akan mengoperasikan mesin tersebut, baik dari segi tinggi badan dan kemampuannya. Dalam hal ini yang ingin dicapai oleh ergonomi adalah mencegah kelelahan tenaga kerja yang menggunakan alat-alat tersebut.
b. Apabila peralatan kerja dan manusia atau tenaga kerja tersebut sudah cocok maka kelelahan dapat dicegah dan hasilnya lebih efisien. Hasil suatu proses kerja yang efisien berarti memperoleh produktivitas kerja yang tinggi. Dari

uraian tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa tujuan utama ergonomi adalah mencegah kecelakaan kerja dan mencegah ketidakefisienan kerja (meningkatkan produktivitas kerja). Disamping itu, ergonomi juga dapat mengurangi beban kerja karena apabila peralatan kerja tidak sesuai dengan kondisi dan ukuran tubuh pekerja akan menjadi beban tambahan kerja.

Apabila dalam menyelesaikan pekerjaan orang tidak memerlukan peralatan bukan berarti ergonomi tidak berlaku. Dalam hal ini ergonomi dapat berlaku, yakni bagaimana mengatur cara atau metode kerja sehingga meskipun hanya dengan menggunakan anggota tubuh saja pekerjaan itu dapat terselesaikan dengan efisien tanpa menimbulkan kelelahan.

Misalnya bagaimana cara mengangkat beban berat secara ergonomis, dapat dilakukan menurut prosedur sebagai berikut :

a. Beban yang akan diangkat harus dipegang tepat dengan semua jari-jari.
b. Punggung harus diluruskan, beban harus diambil otot tungkai keseluruhan.
c. Kaki diletakkan pada jarak yang enak, sebelah kaki di belakang beban sekitar 60 derajat ke sebelah dan kaki yang satunya diletakkan disamping beban menuju ke arah beban yang akan diangkat.
d. Dagu ditarik ke belakang agar punggung dapat tegak lurus.
e. Berat badan digunakan untuk mengimbangi berat beban.
f. Lengan harus dekat dengan badan.

Ergonomi juga dapat digunakan dalam mengkaji dan menganalisis faktor manusia dan peralatan kerja atau mesin dalam kaitannya dengan sistem produksi. Dari kajian atau analisis tersebut akan dapat ditentukan tugas-tugas apa yang diberikan kepada manusia dan yang mana diberikan kepada mesin.

Beberapa prinsip ergonomi dibawah ini antara lain dapat digunakan sebagai pegangan dalam program kesehatan kerja :

a. Sikap tubuh dalam melakukan pekerjaan sangat dipengaruhi oleh bentuk, susunan, ukuran dan penempatan mesin-mesin,
   penempatan alat-alat petunjuk, cara-cara harus melayani mesin (macam gerak, arah, kekuatan dan sebagainya).
b. Untuk normalisasi ukuran mesin atau peralatan kerja harus diambil ukuran terbesar sebagai dasar serta diatur dengan suatu cara sehingga ukuran tersebut dapat dikecilkan dan dapat dilayani oleh tenaga kerja yang lebih kecil, misalnya tempat duduk yang dapat dinaikturunkan, dimajukan atau diundurkan.
c. Ukuran-ukuran antropometri yang dapat dijadikan dasar untuk penempatan alat-alat kerja adalah sebagai berikut :
   - Berdiri : tinggi badan, tinggi bahu, tinggi siku, tinggi pinggul,
     depan, panjang lengan.
   - Duduk : tinggi duduk, panjang lengan atas, panjang lengan bawah & tangan, jarak lekuk lutut.
d. Pada pekerjaan tangan yang dilakukan berdiri, tinggi kerja sebaiknya 5-10 cm dibawah tinggi siku.

e. Dari segi otot, sikap duduk yang paling baik adalah sedikit membungkuk sedang dari sudut tulang, dianjurkan duduk tegak, agar punggung tidak bungkuk dan otot perut tidak lemas.
f. Tempat duduk yang baik adalah :
   - Tinggi dataran duduk dapat diatur dengan papan kaki yang sesuai dengan tinggi lutut, sedangkan paha dalam keadaan datar.
   - Lebar papan duduk tidak kurang dari 35 centimeter.
   - Papan tolak punggung tingginya dapat diatur dan menekan pada punggung.
g. Arah penglihatan untuk pekerjaan berdiri adalah 23-37 derajat ke bawah sedangkan untuk pekerjaan duduk arah penglihatan 32-44 derajat ke bawah. Arah penglihatan ini sesuai dengan sikap kepala yang istirahat.
h. Kemampuan beban fisik maksimal oleh ILO ditentukan sebesar 50 kilogram.
i. Kemampuan seseorang bekerja adalah 8-10 jam per hari. Lebih dari itu efisiensi dan kualitas kerja menurun.

(2). Psikologi Kerja

Pekerjaan akan menimbulkan reaksi psikologis bagi yang melakukan pekerjaan itu. Reaksi ini dapat bersifat positif, misalnya senang, bergairah, dan merasa sejahtera, atau reaksi yang bersifat negatif, misalnya bosan, acuh, tidak serius, dan sebagainya. Reaksi positif tidak perlu dibahas disini, yang perlu dibahas adalah reaksi yang negatif.

Seorang pekerja atau karyawan yang bersikap bosan, acuh, tak bergairah melakukan pekerjaannya ini banyak faktor yang menyebabkannya, antara lain tidak cocok dengan pekerjaan itu, tidak tahu bagaimana melakukan pekerjaan yang baik,

kurangnya insentif, lingkungan kerja yang tidak menyenangkan, dan lain-lainnya. Salah satu faktor yang sering terjadi mengapa karyawan atau pekerja ini melakukan pekerjaannya dengan sikap yang negatif adalah karena tidak mengetahui bagaimana melakukan pekerjaannya secara baik dan efisien.

Melakukan pekerjaan secara efisien tidak hanya bergantung kepada kemampuan atau keterampilan tetapi juga dipengaruhi oleh penguasaan prosedur kerja, uraian kerja (job description) yang jelas. Peralatan kerja yang tepat atau sesuai lingkungan kerja, dan sebagainya. Semuanya ini dicakup dalam satu istilah yakni cara kerja yang ergonomis.

Cara ergonomis yang sesuai dengan teori psikologis antara lain sebagai berikut (Silalahi, 1985) :

a. Memberikan pengarahan dan pelatihan tentang tugas kepada pekerja sebelum melaksanakan tugas barunya.
b. Memberikan uraian tugas tertulis yang jelas kepada pekerja atau karyawan.
c. Melengkapi pekerja / karyawan dengan peralatan yang sesuai / cocok dengan ukurannya.
d. Menciptakan lingkungan kerja yang nyaman dan aman.

Kurangnya perhatian terhadap cara kerja ini oleh pimpinan perusahaan dapat menimbulkan kebosanan. Akibat kebosanan bagi pekerja, mereka akan mencari variasi kerja lain yang tidak dikuasai (untuk menghindari monoton ini) dan ini dapat berakibat kecelakaan kerja. Oleh sebab itu kebosanan dan kemonotonan kerja erat kaitannya dengan kecelakaan kerja.

Aspek lain dari psikologi kerja ini yang sering menjadi masalah kesehatan kerja adalah stres. Stres terjadi pada hampir semua pekerja, baik tingkat pimpinan maupun pelaksana. Memang di tempat kerja, lebih-lebih tempat kerja yang lingkungannya

tidak baik, sangat potensial untuk menimbulkan stres bagi karyawannya.

Stres di lingkungan kerja memang tidak dapat dihindarkan, yang dapat dilakukan adalah bagaimana mengelola, mengatasi atau mencegah terjadinya stres tersebut sehingga tidak mengganggu pekerjaan. Untuk dapat mengelola stres, pertama sekali yang perlu dilakukan adalah mengidentifikasi sumber atau penyebab stres atau stressor.

Faktor-faktor yang sering menjadi penyebab stres di lingkungan kerja dapat dikelompokkan menjadi 2, yakni :

a. Faktor internal, yakni dari dalam diri pekerja itu sendiri, misalnya kurangnya percaya diri dalam melakukan pekerjaan, kurangnya kemampuan atau keterampilan dalam melakukan pekerjaan dan sebagainya.
b. Faktor eksternal, yakni faktor lingkungan kerja. Lingkungan kerja ini mencakup lingkungan fisik dan lingkungan sosial (masyarakat kerja). Lingkungan fisik yang sering menimbulkan stres kerja antara lain tempat kerja yang tidak higienis, kebisingan yang tinggi, dan sebagainya. Sedangkan lingkungan manusia (sosial) yang sering menimbulkan stres adalah pimpinan yang otoriter, persaingan kerja yang tidak sehat, adanya klik-klik di lingkungan kerja, dan sebagainya.

   Oleh sebab itu, untuk mencegah dan mengelola stres di lingkungan kerja tersebut juga diarahkan kedua faktor tersebut. Untuk para pekerja dilakukan pelatihan-pelatihan yang akhirnya juga dapat meningkatkan percaya diri dalam melaksanakan pekerjaan mereka. Sedangkan intervensi stres akibat faktor eksternal dengan meningkatkan higiene dan kondisi lingkungan kerja serta meningkatkan hubungan antar manusia.

c. Rangkuman

1. Pokok-pokok tentang Higene Industri dan Kesehatan Kerja telah dimuat dalam Undang-undang tersebut, meski tidak atau belum diberlakukan saat itu juga.
2. Untuk selanjutnya organisasi Hiperkes yang ada dipemerintahan dari tahun ke tahun selalu mengalami perubahan-perubahan dengan nama-nama sebagai berikut :
   b. Pada tahun 1969 Lembaga Higene Perusahaan dan Kesehatan Kerja berubah menjadi Lembaga Nasional Higene Perusahaan dan Kesehatan Kerja.
   c. Pada tahun 1978 berubah menjadi Pusat Bina Higene Perusahaan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja.
   d. Pada tahun 1983 berubah lagi menjadi Pusat Higene Perusahaan dan Kesehatan Kerja.
   e. Pada tahun 1988 berubah menjadi Pusat Pelayanan Ergonomi, Higene Perusahaan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja.
   f. Selanjutnya pada tahun 1993 berubah lagi menjadi Pusat Higene Perusahaan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja.
   g. Pada tahun 1998 berubah lagi menjadi Pusat Hiperkes dan Keselamatan Kerja.
   h. Nama tersebut pada tahun 2001 berubah pula menjadi Pusat Pengembangan Keselamatan Kerja dan Hiperkes.
   i. Dan pada akhir tahun 2005 menjadi Pusat Keselamatan Kerja dan Hiperkes
3. K3 Adalah ilmu yang mempelajari cara/metode yang dapat menjamin agar para pekerja dalam melaksanakan pekerjaannya tetap sehat baik fisik, mental dan sosial serta terhindar dari kecelakaan.
4. Tujuan akhir dari kesehatan kerja ini adalah untuk menciptakan tenaga kerja yang sehat dan produktif. Tujuan ini dapat tercapai, apabila didukung oleh lingkungan kerja yang memenuhi syarat-syarat kesehatan.

5. Lingkungan kerja yang mendukung terciptanya tenaga kerja yang sehat dan produktif antara lain suhu ruangan yang nyaman, penerangan / pencahayaan yang cukup, bebas dari debu, sikap badan yang baik, alat-alat kerja yang sesuai dengan ukuran tubuh atau anggotanya (ergonomic), dan sebagainya.
   1) Faktor Fisik
   2) Kemampuan Kerja

d. Tugas

1. Amati disekitar bengkel atau industry yang ada didekat rumahmu apakah sudah memberikan tentang K3 kepada pekerjanya ?

e. Tes Formatif

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan singkat dan jelas !

1. Pada tahun berapa Departemen Perburuhan (sekarang Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi) pertama kali didirikan ?
2. Jelaskan apa yang dimaksud dengan keselamatan kerja ?
3. Jelaskan apa yang dimaksud dengan kesehatan kerja ?
4. Kesehatan kerja bertujuan untuk ....
5. Beri contoh lingkungan kerja yang tidak sehat akan menjadi beban tambahan bagi kerja atau karyawan, misalnya !

f. Lembar Jawaban Tes Formatif

1. Pertama kali didirikan pada tahun 1957
2. Keselamatan kerja adalah keselamatan yang bertalian dengan mesin, pesawat, alat kerja, bahan & proses pengolahannya, landasan tempat kerja & lingkungannya serta cara-cara melakukan pekerjaan. Keselamatan kerja menyangkut segenap proses produksi distribusi baik barang maupun jasa. Kecelakaan kerja adalah kejadian yang tak terduga & tidak diharapkan yang terjadi pada waktu bekerja pada perusahaan. Tak terduga, oleh karena dibelakang peristiwa itu tidak terdapat unsur kesengajaan, lebih-lebih dalam bentuk perencanaan.
3. Kesehatan kerja adalah adalah merupakan aplikasi kesehatan masyarakat didalam suatu tempat kerja (perusahaan, pabrik, kantor dan sebagainya) dan yang menjadi pasien dari kesehatan kerja ialah masyarakat pekerja dan masyarakat sekitar perusahaan tersebut.

   Apabila didalam kesehatan masyarakat ciri pokoknya adalah upaya preventif (pencegahan penyakit) dan promotif (peningkatan kesehatan) maka dalam kesehatan kerja maka kedua hal tersebut juga menjadi ciri pokok.
4. Kesehatan kerja bertujuan untuk memperoleh derajat kesehatan yang setinggi-tingginya, baik fisik, mental, dan sosial bagi masyarakat pekerja dan masyarakat lingkungan perusahaan tersebut, melalui usaha-usaha preventif, promotif dan kuratif terhadap penyakit-penyakit atau gangguan-gangguan kesehatan akibat kerja atau lingkungan kerja.
5. Lingkungan kerja yang tidak sehat akan menjadi beban tambahan bagi kerja atau karyawan, misalnya :
   a. Penerangan atau pencahayaan ruangan kerja yang tidak cukup dapat menyebabkan keletihan mata.
   b. Kegaduhan dan bising dapat mengganggu konsentrasi, mengganggu daya ingat dan menyebabkan kelelahan psikologis.

c. Gas, uap, asap dan debu yang terhisap lewat pernapasan dapat mempengaruhi berfungsinya berbagai jaringan tubuh yang akhirnya menurunkan daya kerja.
d. Binatang, khususnya serangga (nyamuk, kecoa, lalat, dan sebagainya) disamping mengganggu konsentrasi kerja juga merupakan pemindahan (vektor) dan penyebab penyakit.
e. Alat-alat bantu kerja yang tidak ergonomis (tidak sesuai dengan ukuran tubuh) akan menyebabkan kelelahan kerja yang cepat.
f. Hubungan atau iklim kerja yang tidak harmonis dapat menimbulkan kebosanan, tidak betah kerja dan sebagainya yang akhirnya menurunkan produktivitas kerja.

g. Lembar Kerja Peserta Didik

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan singkat dan jelas !

1. Dari aspek ekonomi penyelenggaraan kesehatan kerja bagi suatu perusahaan adalah sangat menguntungkan, karena tujuan akhir dari kesehatan kerja adalah ....
2. Kesehatan kerja berusaha mengurangi atau mengatur beban kerja para karyawan atau pekerja dengan cara …………………………………………...
3. Kemampuan tenaga kerja pada umumnya diukur dari ………………………

B. Kegiatan Belajar 2

1. Kegiatan Belajar 2. Norma-Norma K3

c. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari modul ini, siswa diharapkan:

c. mampu menjelaskan norma-norma Keselamatan Kesehatan dan kerja (K3),
d. mampu menjelaskan pengertian Keselamatan Kesehatan dan kerja (K3),

d. Uraian Materi

A. Pemasangan UU Nomor 1 tahun 1970 dan gambar / poster K3. Keselamatan dan kesehatan kerja

1. Tujuan

Pemasangan wall chart / plakat undang-Undang No. 1 tahun 1970 dan gambar atau poster bertujuan untuk mencegah dan mengurangi terjadinya kecelakaan, penyakit akibat kerja dan menjamin :

a. Setiap tenaga kerja dan orang lainnya yang berada di tempat kerja mendapat perlindungan atas keselamatannya
b. Setiap sumber produksi dapat dipakai dan dipergunakan secara aman
c. Proses produksi berjalan lancar

Kondisi tersebut diatas dapat dicapai antara lain bila kecelakaan termasuk kebakaran, peledakan, dan penyakit akibat kerja dapat dicegah dan ditanggulangi. Oleh karena itu setiap usaha K3 tidak lain adalah usaha pencegahan dan **penanggulangan kecelakaan** di tempat kerja. Salah satu usaha pencegahan terjadinya kecelakaan di tempat kerja adalah dengan memberikan informasi

dan penjelasan kepada tenaga kerja melalui pemasangan **UU Nomor 1 tahun 1970**, memasang gambar/poster K3 dan tanda bahaya di tempat kerja. Pemasangan tersebut merupakan kewajiban pengurus untuk melaksanakannya. Hal ini mengacu pada Undang Undang Nomor 1 tahun 1970 pasal 14 bahwa pengurus diwajibkan secara tertulis menempatkan dalam tempat kerja yang dipimpinnya, semua syarat keselamatan kerja yang diwajibkan, sehelai Undang Undang ini (**Undang-Undang Nomor 1 tahun 1970**) dan semua peraturan pelaksanaannya yang berlaku bagi tempat kerja yang bersangkutan. Pada tempat-tempat yang mudah dilihat dan terbaca dan diwajibkan memasang dalam tempat kerja yang dipimpinnya, semua gambar keselamatan kerja diwajibkan dan semua bahan pembinaan lainnya pada tempat yang mudah dilihat dan terbaca menurut petunjuk pegawai pengawas atau **ahli Keselamatan Kerja**.

B. Pesawat Uap dan Bejana Tekan

Boiller pada prinsipnya berfungsi untuk mengubah air menjadi uap melalui pemanasan, sedangkan uap yang dihasilkan oleh **ketel uap** selain digunakan untuk **tenaga penggerak** digunakan pula untuk pemanasan. Pemakaian ketel uap selain menguntungkan di satu sisi disisi lain mempunyai resiko bahaya yang cukup tinggi baik berupa **bahaya peledakan**, kebakaran, keracunan, pernafasan. Berkaitan dengan hal diatas diperlukan upaya-upaya pencegahan dalam **pengoperasian pesawat uap** baik upaya administratif maupun pemeriksaaan secara berkala oleh petugas yang berwenang dan berkompeten.

Berdasarkan **Undang-Undang Nomor 1 tahun 1970 pasal 3** huruf b & c bahwa ditetapkan syarat-syarat keselamatan kerja mencegah, mengurangi, memadamkan, kebakaran; guna mencegah dan mengurangi bahaya peledakan. Berkaitan dengan syarat-syarat keselamatan kerja tersebut diatas berdasarkan **Undang Undang Uap**

tahun 1930 pasal 13 bahwa pesawat uap dengan alat-alat perlengkapannya yang dipakai dilakukan pengawasan terus menerus oleh pemerintah dalam hal ini oleh pegawai dari jawatan pengawasan perburuhan dan pengawasan keselamatan kerja yang ditetapkan dengan **Peraturan Pemerintah**.

Berdasarkan **Peraturan Uap th 1930 pasal 40** dinyatakan bahwa pemeriksaan dalam dari ketel-ketel uap kapal, diadakan sekurang-kurangnya sekali dalam setahun dan ketel uap darat sekurang-kurangnya sekali dalam dua tahun. Sesuai dengan **peraturan Uap th 1930** bahwa setiap pemakai pesawat uap harus mengusahakan agar pesawat pesawat uapnya dan segala sesuatu yang dianggap termasuk di dalamnya berada dalam keadaan yang baik (pasal 39 ayat 1) sedangkan berdasar pasal 39 ayat 3 dikatakan bahwa pemakai harus menyuruh melayani dan mempekerjakan pesawat-pesawat uap itu oleh orang yang berpengetahuan dan mempunyai pengertian yang cukup tentang pengerjaannya.

Untuk melaksanakan hal tersebut diatas berarti ketel uap harus dioperasikan oleh operator-operator yang berkemampuan yang telah menempuh pendidikan dan pelatihan operator uap, sebagaimana dipersyaratkan dalam Permenaker No. Per 01/Men/1988.

C. Pesawat Angkat Angkut

Upaya **pencegahan kecelakaan** dalam pengoperasian **pesawat angkat angkut adalah** lingkungan tempat kerja, manusia yang bekerja dan peralatan yang dipergunakan untuk bekerja. Untuk memenuhi persyaratan bekerja dengan baik, aman maka dalam pengoperasian pesawat angkat angkut diperlukan operator yang mampu dan trampil.

Berdasarkan **UU No. 1/1970 pasal 3** ditetapkan syarat-syarat keselamatan kerja antara lain mengamankan dan memperlancar pekerjaan bongkar muat, perlakuan dan penyimpanan barang.

Sebagaimana ketentuan **pasal 134 Permenaker Nomor Per 05/Men/1985** dinyatakan setiap perencanaan pesawat angkat angkut harus mendapatkan pengesahan dari direktur atau pejabat yang ditunjuknya, kecuali ditentukan lain sedangkan dalam pasal 4 menyatakan setiap pesawat angkat angkut harus dilayani oleh operator yang mempunyai kemampuan dan telah memilki ketrampilan khusus tentang pesawat angkat angkut.

D. Pesawat tenaga dan Produksi

Penggunaan **pesawat-pesawat tenaga** dan produksi yang meliputi alat-alat dan mesin-mesin di tempat kerja dapat mengakibatkan berbagai macam kecelakaan baik kecil maupun besar.

Kondisi kerja yang aman dan pengamanan terhadap mesin sangat sehingga pemenuhan terhadap standar keselamatan kerja dan persyaratan perlindungan/pengamanan sangat dibutuhkan.

Berdasarkan **UU No. 1 tahun 1970** pasal 3 huruf g & q ditetapkan **syarat-syarat keselamatan kerja** antara lain adalah mencegah dan mengendalikan timbul atau menyebarluasnya suhu, kelembaban, debu, kotoran, asap, uap, gas, hembusan angin, cuaca, sinar atau radiasi, suara dan getaran, sedangkan di huruf g dikatakan mencegah terkena aliran listrik.

Berdasarkan ketentuan **Permennaker Nomor Per 04/Men/1985 pasal 139** dinyatakan bahwa setiap pembuatan, peredaran, pamasangan, pemakaian, perubahan dan atau perbaikan teknis pesawat tenaga dan produksi harus mendapat pengesahan dari direktur atau pejabat yang ditunjuk.

E. Penanggulangan Kebakaran

Kebakaran di tempat kerja berakibat sangat merugikan baik bagi perusahaan, pekerja maupun produktifitas kerja. Oleh karena itu kebakaran di tempat kerja perlu dicegah secara dini antara lain dengan pralatan proteksi kebakaran yang memadai, petugas penanggulangan yang ditunjuk secara khusus serta dilaksanakannya

prosedur penanggulangan kebakaran. Berdasarkan **Kepmenaker Nomor Kep.186/Men/1999** tentang unit penanggulangan kebakaran di tempat kerja pasal 2 ayat 1 bahwa pengurus atau pengusaha wajib mencegah, mengurangi, memadamkan kebakaran, latihan penanggulangan kebakaran di tempat kerja.

Unit penanggulangan kebakaran terdiri dari :

1) Petugas Pemadam Kebakaran
2) Regu penanggulangan Kebakaran
3) Koordinator unit penanggulangan kebakaran
4) Ahli K3 spesialis penanggulangan kebakaran sebagai penanggung jawab teknis.

Petugas peran kebakaran harus mengikuti pelatihan memadamkan kebakaran dan telah memiliki sertifikat pelatihan tersebut.

F. Instalasi listrik dan Penyalur Petir

Listrik mengandung **potensi bahaya** yang dapat mengancam keselamatan tenaga kerja atau orang lain yang berada di dalam lingkungan tempat kerja dan mengancam keamanan bangunan beserta isinya.

Di dalam Undang undang No. 1 tahun 1970 pasal 3 menempatkan persyaratan keselamatan kerja listrik untuk mencegah terkena aliran listrik yang berbahaya. Sesuai dengan **Kepmenakertrans No. 75/Men/2002** pasal 2 dinyatakan bahwa perencanaan, pemasangan, penggunaan, pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik di tempat kerja harus sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan dalam standar Nasional Indonesia.

(SNI) no SNI 04-0225-2000 mengenai persyaratan umum instalasi listrik 2000 (PUIL2000) di tempat kerja. Sedangkan terhadap penggunaan instalasi penyalur petir berdasarkan **Permenaker Nomor Per 02/Men/1989** pasal 2 menyatakan bahwa instalasi penyalur petir harus direncanakan, dibuat, dipasang dan dipelihara sesuai dengan

ketentuan dalam peraturan menteri ini dan atau standar yang diakui. Selanjutnya pada pasal 57 dinyatakan bahwa setiap instalasi **penyalur petir** harus mendapatkan sertifikan dari menteri atau pejabat yang ditunjuk.

G. Penyelenggaraan Makanan di tempat kerja

Maksud **pemberian makan**an di **tempat kerja** adalah untuk meningkatkan dan mempertahankan kemampuan kerja para tenaga kerja. Berdasarkan penelitian disimpulkan pemberian makanan di tempat kerja akan **meningkatkan produktivitas**tenaga kerja dan keuntungan perusahaan serta penurunan angka absensi. Energi sangat mempengaruhi **produktifitas kerja** sedangkan protein, mineral dan vitamin sangat mempengaruhi efisiensi kerja.

Berdasarkan **Undang Undang Nomor 1 tahun 1970 pasal 3** menjelaskan mengenai syarat-syarat keselamatan kerja dan syarat keselamatan kerja tersebut berisi 50 % syarat kesehatan kerja antara lain mencegah dan mengendalikan timbulnya penyakit akibat kerja baik phisik maupun psikhis, keracunan, infeksi dan penularan serta memelihara kebersihan, dan kesehatan dan ketertiban.

Berkaitan dengan penyelenggaraan makanan dalam **PMP Nomor 7 th 1964** tentang kesehatan, kebersihan, serta penerangan dalam tempat kerja pasal 8 mengatur tentang :

- Syarat-syarat dapur bersih, rapi, tidak berhubungan langsung dengan tempat kerja, pemerangan dan peredaran udara yang baik serta tersedianya menu yang memenuhi syarat.
- Syarat-syarat air untuk makan dan minum, harus segar tidak berwarna, tidak berasa, tidak mengandung binatang atau bakteri serta harus diperiksa secara berkala di laboratorium. Sedangkan mengenai pengadaan kantin dan ruang makan dalam **Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja No. SE 01/Men/1979** berisi anjuran untuk menyediakan kantin untuk perusahaan yang mempekerjakan buruh lebih dari 200 orang. Berdasarkan **Surat**

Edaran Dirjen Binawas No. SE 86/BW/89 tentang *Perusahaan Catering* yang mengelola makanan bagi tenaga kerja mengatur persyaratan catering pengelola makanan bagi tenaga kerja harus memenuhi ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

a) Setiap perusahaan catering yang mengelola makanan pada perusahaan harus terlebih dahulu mendapatkan rekomendasi dari Depnaker

b) Rekomendasi diberikan berdasarkan persyaratan-persyaratan kesehatan hiegiene dan sanitasi. Hal ini disebabkan karena **pihak pengelola** tidak mengetahui bahwa **catering** harus mendapat rekomendasi.

H. Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja merupakan kesatuan dari berbagai lingkungan di tempat kerja yang didalamnya mencakup faktor fisikia, kimia, biologi, fisiologi, dan psikologi yang melingkupi tempat kerja dan dapat mempengaruhi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja.

Di dalam **Undang Undang Nomor 1 tahun 1970 pasal 3** ditetapkan syarat-syarat keselamatan kerja lingkungan kerja antara lain untuk:

a) Mencegah dan mengendalikan timbul atau menyebarnya angin, cuaca, sinar atau radiasi, suara dan getaran.

b) Memperoleh penerangan yang cukup dan sesuai

c) Menyelenggarakan penyegaran udara yan cukup

d) Memperoleh keserasian antara tenaga kerja, alat kerja, lingkungan kerja, cara dan proses kerja.

e) Berkaitan dengan hal tersebut maksud dan tujuan dari diterapkannya syarat-syarat keselamatan kerja lingkungan adalah untuk memberi perlindungan **Keselamatan dan Kesehatan Kerja** sehingga produktifitas dan efisiensi dapat tercapai. Salah satu tahap untuk melakukan pemeriksaaan lingkungan kerja adalah menerapkan metode teknik untuk menurunkan tingkat bahaya lingkungan sampai batas yang masih dapat ditoleransi

oleh manusia dan lingkungannya yaitu melalui standar **Nilai Ambang Batas (NAB)** faktor fisika sebagaimana ketentuan **Kepmenaker No. Kep 51/Men/1999 dan Nilai Ambang Kuantitas**. Untuk faktor kimia di udara lingkungan kerja sebagaimana ketentuan **Surat Edaran Menaker No. SE 01/Men/1997.** Sehubungan dengan hal tersebut diatas berdasarkan pasal 7 **Kepmenaker Nomor Kep 51/Men/1999** bahwa pengukuran dan penilaian faktor fisika di tempat kerja dilaksanakan oleh Pusat dan atau **Balai Hiperkes** dan Keselamatan Kerja atau pihak-pihak lain yang ditunjuk oleh Menteri atau Pejabat yang ditunjuk.

I. Kelembagaan K3

Panitia Pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang selanjutnya disebut **P2K3** adalah badan pembantu di tempat kerja yang merupakan wadah kerja sama antara **pengusaha dan pekerja** untuk mengembangkan kerja sama antara pengusaha dan pekerja untuk mengembangkan kerja sama saling pengertian dan partisipasi efektif dalam penerapan K3. P2K3 selanjutnya bertugas memberikan saran dan pertimbangan baik diminta maupun tidak kepada pengusaha atau pengurus mengenai masalah keselamatan dan kesehatan kerja.
Berdasarkan **UU No. 1 tahun 1970 pasal 10** menyatakan bahwa menteri tenaga kerja berwenang membentuk panitia keselamatan dan kesehatan kerja guna mengembangkan kerja sama saling pengertian dan partisipasi efektif dari pengusaha atau pengurus dan tenaga kerja dalam rangka melancarkan usaha berproduksi. Selanjutnya **susunan P2K3** dan tugas-tugas lainnya ditetapkan oleh menteri.

Berdasarkan **Permenaker No. Per 041/Men/1987 pasal 2** dinyatakan bahwa pengusaha atau pengurus diwajibkan membentuk P2K3 pada setiap tempat kerja dengan kriteria tertentu. Kriteria tempat kerja yang dimaksud meliputi:

a) tempat kerja dimana pengusaha atau pengurus mempekerjakan 100 orang atau lebih.
b) Tempat kerja dimana pengusaha atau pengurus mempekerjakan kurang dari

   100 orang akan tetapi mempergunakan bahan proses dan instalasi yang mempunyai resiko yang besar akan terjadinya peledakan, kebakaran, keracunan, dan penyinaran radioaktif.

   Selanjutnya pada pasal 5 dinyatakan bahwa setiap pengusaha atau pengurus yang akan mengangkat ahli **K3** harus mengajukan permohonan secara tertulis kepada menteri. Salah satu syarat permohonan tersebut adalah ahli K3 telah memiliki sertifikat pendidikan khusus yang diselenggarakan Depnaker atau Lembaga pendidikan yang diakui Depnaker. Dalam pasal 11 dikatakan bahwa keputusan **penunjukan ahli K3** berlaku untuk paling lama 3 tahun. Dan pada pasal 12 dijelaskan sekurang-kurangnya 3 bulan sekali pengurus wajib menyampaikan laporan tentang **kegiatan P2K3** kepada Menteri melalui Kandepnaker setempat.

   Dalam pelaksanaannya K3 adalah salah satu bentuk upaya untuk menciptakan tempat kerja yang aman, sehat dan bebas dari pencemaran lingkungan, sehingga dapat mengurangi dan atau bebas dari kecelakaan dan yang pada akhirnya dapat meningkatkan sistem dan produktifitas kerja

J. Norma dan Sasaran K3

Dalam K3 ada tiga norma yang selalu harus dipahami, yaitu :

- Aturan berkaitan dengan keselamatan dan kesehatan kerja
- Di terapkan untuk melindungi tenaga kerja
- Resiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja

Adapun sasaran dari K3, sebagai berikut :

- Menjamin keselamatan operator dan orang lain
- Menjamin penggunaan peralatan aman dioperasikan

- Menjamin proses produksi aman dan lancar.

Adapun faktor-faktor yang ditemui dalam penerapan K3 didalam dunia pekerja, sebagai berikut:

1. Dari sisi masyarakat pekerja.
   - Tuntutan pekerja masih pada kebutuhan dasar (upah dan tunjangan kesehatan/kesejahtraan).
2. Dari sisi pengusaha.
   - Pengusaha lebih menekankan penghematan biaya produksi .
   - Pengusaha lebih meningkatkan efisiensi untuk mendapatkan keuntungan sebesar-besarnya dan K3 dipandang sebagai beban dalam hal biaya operasional tambahan.

c. Rangkuman

1. Tujuan

   Pemasangan wall chart / plakat undang-Undang No. 1 tahun 1970 dan gambar atau poster bertujuan untuk mencegah dan mengurangi terjadinya kecelakaan, penyakit akibat kerja dan menjamin :

   a. Setiap tenaga kerja dan orang lainnya yang berada di tempat kerja mendapat perlindungan atas keselamatannya

   b. Setiap sumber produksi dapat dipakai dan dipergunakan secara aman

   c. Proses produksi berjalan lancar
2. Salah satu usaha pencegahan terjadinya kecelakaan di tempat kerja adalah dengan memberikan informasi dan penjelasan kepada tenaga kerja melalui pemasangan **UU Nomor 1 tahun 1970**, memasang gambar/poster K3 dan tanda bahaya di tempat kerja

d. Tugas

1. Amati disekitar bengkel atau industry yang ada didekat rumahmu apakah sudah memberikan tentang K3 kepada pekerjanya ?

e. Tes Formatif

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan singkat dan jelas !

1. Pada tahun berapa Departemen Perburuhan (sekarang Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi) pertama kali didirikan ?
2. Jelaskan apa yang dimaksud dengan keselamatan kerja ?
3. Jelaskan apa yang dimaksud dengan kesehatan kerja ?
4. kerja bertujuan untuk ....
5. Beri contoh lingkungan kerja yang tidak sehat akan menjadi beban tambahan bagi kerja atau karyawan, misalnya !

f. Lembar Jawaban Tes Formatif

1. Pertama kali didirikan pada tahun 1957

2. Keselamatan kerja adalah keselamatan yang bertalian dengan mesin, pesawat, alat kerja, bahan & proses pengolahannya, landasan tempat kerja & lingkungannya serta cara-cara melakukan pekerjaan. Keselamatan kerja menyangkut segenap proses produksi distribusi baik barang maupun jasa. Kecelakaan kerja adalah kejadian yang tak terduga & tidak diharapkan yang terjadi pada waktu bekerja pada perusahaan. Tak terduga, oleh karena dibelakang peristiwa itu tidak terdapat unsur kesengajaan, lebih-lebih dalam bentuk perencanaan.

3. Kesehatan kerja adalah adalah merupakan aplikasi kesehatan masyarakat didalam suatu tempat kerja (perusahaan, pabrik, kantor dan sebagainya) dan yang menjadi pasien dari kesehatan kerja ialah masyarakat pekerja dan masyarakat sekitar perusahaan tersebut.

Apabila didalam kesehatan masyarakat ciri pokoknya adalah upaya preventif (pencegahan penyakit) dan promotif (peningkatan kesehatan) maka dalam kesehatan kerja maka kedua hal tersebut juga menjadi ciri pokok.

4. Kesehatan kerja bertujuan untuk memperoleh derajat kesehatan yang setinggi-tingginya, baik fisik, mental, dan sosial bagi masyarakat pekerja dan masyarakat lingkungan perusahaan tersebut, melalui usaha-usaha preventif, promotif dan kuratif terhadap penyakit-penyakit atau gangguan-gangguan kesehatan akibat kerja atau lingkungan kerja.

5. Lingkungan kerja yang tidak sehat akan menjadi beban tambahan bagi kerja atau karyawan, misalnya :

a. Penerangan atau pencahayaan ruangan kerja yang tidak cukup dapat menyebabkan keletihan mata.

b. Kegaduhan dan bising dapat mengganggu konsentrasi, mengganggu daya ingat dan menyebabkan kelelahan psikologis.

c. Gas, uap, asap dan debu yang terhisap lewat pernapasan dapat mempengaruhi berfungsinya berbagai jaringan tubuh yang akhirnya menurunkan daya kerja.

d. Binatang, khususnya serangga (nyamuk, kecoa, lalat, dan sebagainya) disamping mengganggu konsentrasi kerja juga merupakan pemindahan (vektor) dan penyebab penyakit.

e. Alat-alat bantu kerja yang tidak ergonomis (tidak sesuai dengan ukuran tubuh) akan menyebabkan kelelahan kerja yang cepat.

f. Hubungan atau iklim kerja yang tidak harmonis dapat menimbulkan kebosanan, tidak betah kerja dan sebagainya yang akhirnya menurunkan produktivitas kerja.

g. Lembar Kerja Peserta Didik

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan singkat dan jelas !

1. Dari aspek ekonomi penyelenggaraan kesehatan kerja bagi suatu perusahaan adalah sangat menguntungkan, karena tujuan akhir dari kesehatan kerja adalah ....
2. Kesehatan kerja berusaha mengurangi atau mengatur beban kerja para karyawan atau pekerja dengan cara …………………………………………...
3. Kemampuan tenaga kerja pada umumnya diukur dari ………………………

B. Kegiatan Belajar 3

1. Kegiatan Belajar 3 Rambu-Rambu K3

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari modul Pembelajaran 7 ini, siswa diharapkan :

1. Mampu menjelaskan definisi rambu-rambu keselamatan dan kesehatan di bidang industri.
2. Mampu menjelaskan symbol/gambar rambu-rambu keselamatan dan kesehatan di bidang industry.

b. Uraian Materi

1. Definisi

Rambu-rambu keselamatan adalah peralatan yang bermanfaat untuk membantu melindungi kesehatan dan keselamatan karyawan dan pengunjung yang sedang berada di tempat kerja.

Keselamatan Dan Kesehatan Kerja adalah bagian dari sistem manjemen secara keseluruhan yang meliputi struktur organisasi, tanggung jawab, pelaksanaan, prosedur, proses dan sumber daya yang dibutuhkan bagi pengembangan, penerapan, pencapaian, pengkajian dan pemeliharaan kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja dalam rangka pengendalian risiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja guna terciptanya tempat kerja yang aman, efisien, dan efektif.

2. Fungsi rambu-rambu keselamatan kerja untuk :

1) Menarik perhatian terhadap adanya kesehatan dan keselamatan kerja
2) Menunjukkan adanya potensi bahaya yang mungkin tidak terlihat
3) Menyediakan informasi umum dan memberikan pengarahan.
4) Mengigatkan para karyawan dimana harus menggunakan peralatan perlindungan diri

5) Mengindikasikan dimana peralatan darurat keselamatan berada.
6) Memberikan peringatan waspada terhadap beberapa tindakan yang atau perilaku yang tidak diperbolehkan.

Warna yang menarik perhatian dapat juga digunakan untuk keperluan lainnya yang menyangkut keselamatan. Misalnya, warna untuk mengindikasikan isi aliran pipa dan bahaya yang terkandung di dalamnya. Pemilihan warna juga menuntut perhatian terhadap kemungkinan keadaan bahaya yang menyebabkan celaka. Misalnya, potensi akan adanya bahaya dikomunikasikan dengan warna kuning.
Bilamana karyawan menyadari akan adanya bahaya di sekelilingnya, kemudian melakukan tindakan pencegahan dini, sehingga kemungkinan terjadinya kecelakaan, luka, cacat atau kehilangan yang lainnya dapat diminimalisir.
Bagaimanapun juga, manfaat dari rambu-rambu keselamatan adalah memberikan sikap waspada akan adanya bahaya, tetapi tidak dapat mengeliminasi atau mengurangi bahaya tersebut pada saatnya terjadi. Panduan ini akan membantu Anda, sebagai pemberi kerja, supervisor, komite maupun anggota dari penyelenggara kesehatan & keselamatan kerja di perusahaan, untuk dapat menggunakannya secara efektif dalam menerapkan rambu-rambu keselamatan di tempat kerja.

3. PEDOMAN UMUM WARNA RAMBU KESELAMATAN

Warna , Simbol dan Tulisan

Warna Keselamatan	Warna Kontras (Simbol atau Tulisan)	Makna
MERAH	PUTIH	Larangan
		Pemadam Api
KUNING	HITAM	Perhatian / Waspada
		Potensi Beresiko Bahaya
HIJAU	PUTIH	Zona Aman
		Pertolongan Pertama
BIRU	PUTIH	Wajib Ditaati
PUTIH	HITAM	Informasi Umum

Gambar 4.2. warna symbol dan tulisan

Hingga saat ini belum ada standarisasi warna yang digunakan di area kerja untuk mengindikasikan bahaya atau menunjukan peralatan keselamatan. Misalnya, warna untuk:

- Lampu indikator atau saklar lampu,
- Pipa-pipa aliran material,
- Wilayah kerja,
- Garis pembagi wilayah kerja,
- Mesin,
- Peralatan Transportasi,
- Gang, lantai dan tangga,
- 5R atau 5S

Mengenai standarisasi warna yang digunakan di area kerja akan dibuatkan secara terpisah dari pembahasan ini.

1) MENERAPKAN WARNA KESELAMATAN

Usahakan sesedikit mungkin penggunaan rambu yang beraneka warna. Hal ini untuk menekankan penyampaian pesan pada poin yang paling penting dan juga untuk menghindari kebingungan serta kelelahan mata memandang. Memastikan bahwa para karyawan yang buta warna dapat memahami rambu-rambu dan makna dari warna keselamatan. Mengkombinasikan simbol-simbol dengan pesan verbal yang singkat pada sebuah rambu. Menggunakan lampu yang berkedip, sinyal suara atau menempatkan rambu-rambu disebelah warna keselamatan

4. Landasan Hukum

1) Undang-undang no 1 Tahun 1970 Pasal 14b.

“ Memasang dalam tempat kerja yang dipimpinnya, semua gambar keselamatan kerja yang diwajibkan dan semua bahan pembinaan lainnya, pada tempat-tempat yang mudah dilihat dan terbaca menurut petunjuk pegawai pengawas atau ahli keselamatan kerja “

2) Permenaker No. 05/MEN/1996 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Kriteria audit 6.4.4.

“ Rambu-rambu mengenai keselamatan dan tanda pintu darurat harus dipasang sesuai dengan standar dan pedoman “

5. Standar Rambu Keselamatan

Terdapat beberapa standar acuan pemasangan rambu keselamatan di tempat kerja diantaranya adalah :

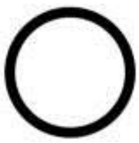
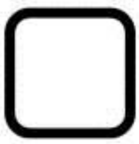
1) ANSI Standard
2) ISO Standard
3) British Standard
4) Hazmat & NFPA Standard
5) Peraturan Menteri Lingkungan Hidup
6) Rambu Lalu Lintas
7) MO Standard

6. PENGELOMPOKAN RAMBU

Kelompok rambu-rambu dibagi dalam tiga bagian yakni :

1) PERINTAH Berupa : Larangan , kewajiban
2) WASPADA Berupa : Bahaya, Peringatan, perhatian
3) INFORMASI

Setiap kelompok digambarkan dalam bentuknya masing-masing, kemudian dibagi kedalam sub kelompok, selanjutnya dapat dikenali melalui warnanya BENTUK GEOMETRI dan KELOMPOK RAMBU KESELAMATAN

Bentuk Geometri Rambu Keselamatan		Maksud (Kelompok Rambu)	Uraian
1		TANDA PERINTAH	Sebuah lingkaran yang mengindikasikan **PERINTAH** yang harus ditaati
2		TANDA WASPADA	Sebuah segitiga yang mengindikasikan **PERHATIAN** atau **BAHAYA**
3		TANDA INFORMASI	Sebuah bujur sangkar yang menyampaikan sebuah **INFORMASI**

Gambar 4.3. bentuk geometri dan kelompok rambu keselamatan

SUB KELOMPOK RAMBU KESELAMATAN



Bentuk Geometri Rambu Keselamatan	Sub Kelompok (Bentuk dan Warna)		Uraian
	1.1		**LARANGAN** Perintah yang tidak boleh dikerjakan
	1.2		**KEWAJIBAN** Perintah yang wajib dilaksanakan
	2.0		**WASPADA** Mengindikasikan potensi akan sebuah resiko
	3.1		Menyediakan informasi : **ZONA AMAN / PERTOLONGAN PERTAMA / PERALATAN KESELAMATAN**
	3.2		**PEMADAM API** Menyediakan informasi mengenai peralatan pemadaman api
	3.3		**INFORMASI UMUM** Menyediakan informasi untuk umum

Gambar 4.4 SUB kelompok rambu keselamatan

SIMBOL RAMBU KESELAMATAN

Dalam sebuah rambu biasanya terdapat simbol di dalamnya, bisa berupa sebuah huruf atau gambar dengan dikelilingi garis membentuk pola geometri yang spesifik dan warna seperti contoh berikut ini:



Sub Kelompok		Contoh Aplikasi (Warna Simbol)		Uraian
1.1			HITAM	Rambu **DILARANG MEROKOK** di area ini
1.2			PUTIH	Rambu **WAJIB MENGGUNAKAN PELINDUNG KESELAMATAN TANGAN** di area kerja ini
2.0			HITAM	Rambu **WASPADA** di area ini
3.1			PUTIH	Rambu lokasi **PERALATAN PERTOLONGAN PERTAMA PADA KECELAKAAN**
3.2			PUTIH	Rambu lokasi **ALAT PEMADAMAN API RINGAN**
3.3			HITAM	Rambu lokasi **TOILET UNTUK PRIA**

Gambar 4.5 SUB kelompok rambu keselamatan

Gunakanlah simbol yang sederhana, mudah dipelajari dan dikenali. Termasuk kalimat yang sederhana untuk menegaskan pesan yang disampaikan atau untuk memberikan informasi tambahan. Berdasarkan penelitian, saat ini rambu yang paling efektif adalah kombinasi antara simbol dan pesan singkat.

Mengenai simbol-simbol untuk material atau bahan-bahan yang berbahaya akan dibuatkan secara terpisah dari pembahasan ini.

7. PETUNJUK PEMASANGAN RAMBU

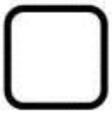
a. Rambu-rambu harus terlihat jelas, ditempatkan pada jarak pandang dan tidak tertutup atau tersembunyi.
b. Kondisikan rambu-rambu dengan penerangan yang baik. Siapapun yang berada di area kerja harus bisa membaca rambu dengan mudah dan mengenali warna keselamatannya.
c. Pencahayaan juga harus cukup membuat bahaya yang akan ditonjolkan menjadi terlihat dengan jelas.
d. Siapapun yang ada di area kerja harus memiliki waktu yang cukup untuk membaca pesan yang disampaikan dan melakukan tindakan yang diperlukan untuk menjaga keselamatan.
e. Posisikan rambu-rambu yang berhubungan bersebelahan, tetapi jangan menempatkan lebih dari empat rambu dalam area yang sama.
f. Pisahkan rambu-rambu yang tidak berhubungan.
g. Pastikan bahwa rambu-rambu pengarah terlihat dari semua arah. Termasuk panah arah pada rambu keluar disaat arah tidak jelas atau membinggungkan. Rambu arah arus ditempatkan secara berurutan sehingga rute yang dilalui selalu jelas.
h. Rambu-rambu yang di atap harus berjarak 2.2 meter dari lantai.

8. JENIS RAMBU KESELAMATAN

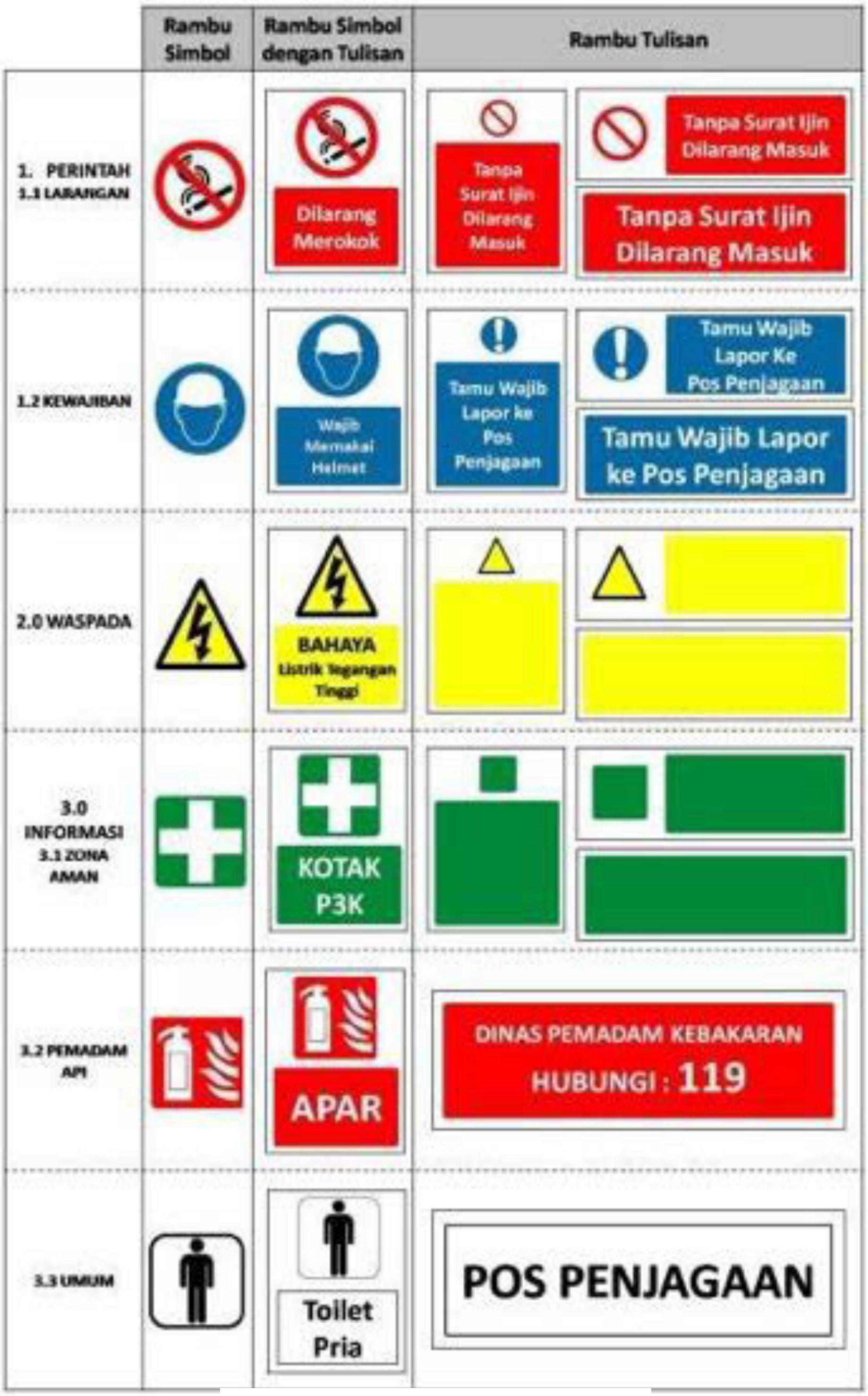
Adapun jenis rambu dapat berupa :

1) Rambu dengan SimboL
2) Rambu dengan Simbol dan Tulisan
3) Rambu berupa pesan dalam bentuk Tulisan .

Rambu tulisan seharusnya digunakan apabila tidak adanya symbol yang tersedia.

No.	Bentuk Geometri	Makna Rambu	Warna Rambu	Warna Kontras	Contoh Aplikasi
1		RAMBU TULISAN : INFORMASI TAMBAHAN (SUPLEMEN)	WARNA RAMBU KESELAMATAN	WARNA KONTRAS RAMBU KESELAMATAN	*Lihat LAYOUT dan DIMENSI RAMBU*

CONTOH APLIKASI



Gambar 4.6 Daftar simbol

Daftar simbol-simbol yang tersedia dapat dilihat di dalam Standar Simbol Rambu.

A. MENETAPKAN KEBUTUHAN KITA

Jika Anda sedang mengevaluasi sistem rambu keselamatan yang ada atau sedang merencanakan sesuatu yang baru, sistem rambu akan menjadi lebih efektif dan mudah dilaksanakan dengan meminta umpan balik serta saran dari para staff Anda. Anda juga dapat menggunakan keahlian dari perwakilan kesehatan dan keselamatan kerja atau komite di Perusahaan Anda. Diskusikan permasalahan yang terjadi seperti :

1) Apakah para Karyawan telah memahami rambu-rambu yang ada?
2) Apakah rambu-rambu yang ada telah menyampaikan pesan penting dengan tepat?
3) Apakah rambu-rambu yang ada dapat dengan mudah dipahami?
4) Apakah rambu-rambu itu telah memenuhi kebutuhan Karyawan dengan keterbatasan visual yang disebabkan oleh usia atau buta warna?
5) Bagaimana dengan kebutuhan dari mereka yang tidak mengerti bahasa Indonesia?
6) Apakah para Karyawan mentaati rambu-rambu yang ada?
7) Adakah konsistensi dalam aplikasi rambu-rambu?
8) Apakah rambu-rambu tersebut terlihat dengan jelas, tidak tertutup atau tersembunyi, dan diberi penerangan yang cukup?
9) Apakah rambu-rambu tersebut efektif menarik perhatian pada saat ada bahaya?
10) Apakah rambu-rambu diletakkan di area yang terbaik dan dalam jangkauan jarak yang tepat dengan bahaya?
11) Apakah kondisi umum dari rambu-rambu yang ada? (lihat Merawat Rambu)
12) Apakah rambu-rambu sesuai dengan persyaratan standarisasi yang ada?
13) Area mana yang akan diuntungkan apabila tingkat keamanan ditingkatkan atau adanya rambu-rambu informasi umum?
14) Rambu apakah yang paling penting diperlukan?

B. POIN PENTING EFEKTIFITAS RAMBU KESELAMATAN

Setelah menetapkan kebutuhan rambu di tempat kerja, kemudian bekerjasamalah dengan perwakilan kesehatan dan keselamatan kerja atau komite Perusahaan untuk menetapkan standar rambu-rambu yang akan digunakan diseluruh area kerja.

Pastikan bahwa rambu-rambu diterapkan secara konsisten di tempat kerja.

Penelitian menunjukkan bahwa Perusahaan yang menerapkan sistem warna dan rambu yang seragam dengan membuat tanda bahaya yang lebih jelas dan mudah dikenali telah berhasil menurunkan tingkat kecelakaan. Karyawan mengerti bahwa rambu-rambu memiliki arti yang sama bahkan walaupun mereka bekerja di Departemen atau lokasi Pabrik yang berbeda. Hal ini juga membuat para Karyawan dapat dengan cepat mengetahui lokasi semua bahaya dan peralatan keselamatan kerja, mempersiapkan mereka dalam keadaan darurat.

Dalam menjaga kesehatan dan keselamatan kerja Karyawan, rambu-rambu yang ada di tempat kerja Anda harus menyediakan informasi yang cukup bagi setiap orang.

Rambu-rambu itu, terutama yang menandakan bahaya, harus:

1) **Menarik perhatian** orang
2) Secara jelas **mengidentifikasi jenis bahaya**
3) Menjelaskan **tindakan segera yang perlu dilakukan** untuk perlindungan keselamatan
4) Ditempatkan **di tempat yang menyediakan waktu cukup** bagi setiap orang untuk membaca dan mengambil tindakan
5) **Dikenali** dan **dipahami** oleh semua Karyawan
6) **Memenuhi kebutuhan** orang-orang yang buta warna, penglihatan terbatas karena usia, atau bahasa Indonesia
7) **Memiliki ukuran yang sesuai** dengan pentingnya isi pesan

C. MEMPOSISIKAN RAMBU

a. Rambu-rambu harus terlihat jelas, ditempatkan pada jarak pandang dan tidak tertutup atau tersembunyi.
b. Kondisikan rambu-rambu dengan penerangan yang baik. Siapapun yang berada di area kerja harus bisa membaca rambu dengan mudah dan mengenali warna keselamatannya.
c. Pencahayaan juga harus cukup membuat bahaya yang akan ditonjolkan menjadi terlihat dengan jelas.
d. Posisikan rambu dalam jarak pandang yang tepat sehingga bahaya bisa terlihat jelas.
e. Siapapun yang berada di area kerja harus memiliki waktu yang cukup untuk membaca pesan yang disampaikan dan melakukan tindakan yang diperlukan untuk menjaga keselamatan.
f. Posisikan rambu-rambu yang berhubungan bersebelahan, tetapi jangan menempatkan lebih dari empat rambu dalam area yang sama.
g. Pisahkan rambu-rambu yang tidak berhubungan.
h. Pastikan bahwa rambu-rambu pengarah terlihat dari semua arah. Termasuk arah panah pada rambu keluar di saat arah tidak jelas atau membingungkan. Rambu arah harus ditempatkan secara berurutan sehingga rute yang dilalui selalu jelas.
i. Rambu-rambu yang digantung di atap harus berjarak 2.2 meter dari lantai.

D. RAMBU-RAMBU : MUDAH DIBACA dan MUDAH DIPAHAMI

Membantu para Karyawan dan Tamu supaya segera dapat memahami rambu-rambu dengan menggunakan bahasa Indonesia baku dan simbol yang dapat dipelajari atau dikenali dengan mudah. Buatlah simbol sesederhana mungkin, kurangi perincian yang dapat membuat pesan menjadi tidak jelasHindari penggunaan rambu yang berisi pesan-pesan hanya dengan tulisan karena ini paling jarang ditaati.

Dalam situasi dimana ketaatan diperlukan karena adanya bahaya, rambu akan menjadi paling efektif dan ditaati apabila berisi:

1). Sinyal kata seperti **BAHAYA** atau **PERINGATAN**

2). **Simbol bahaya**

3). **Informasi tentang akibatnya** apabila bahaya tidak dapat dihindari

4). **Instruksi bagaimana** menghindari bahaya

Pertimbangkanlah untuk menggunakan rambu dengan multi-bahasa apabila ada Karyawan Anda yang tidak mengerti bahasa Indonesia. Gunakanlah huruf besar pada setiap huruf pertama dalam kata pertama, dan selanjutnya huruf kecil. Kata-kata PERINTAH atau PERHATIAN harus dalam huruf besar. Jenis huruf yang disarankan adalah :

ARIAL	ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ abcdefghijklmnopqrstuvwxyz 1234567890
FUTURA	**ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ abcdefghijklmnopqrstuvwxyz 1234567890**
HELVETICA MEDIUM	**ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ abcdefghijklmnopqrstuvwxyz 1234567890**
FOLIO MEDIUM	**ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ abcdefghijklmnopqrstuvwxyz 1234567890**
NEWS GOTHIC BOLD	ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ abcdefghijklmnopqrstuvwxyz 1234567890
UNIVERS	**ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ abcdefghijklmnopqrstuvwxyz 1234567890**

Pergunakanlah kata-kata perhatian yang tepat. Seperti contoh:

BAHAYA – memperingatkan bahaya serius atau kejadian mendadak yang akan **secara jelas menyebabkan kematian** atau **luka permanen** dan **serius**.

PERINGATAN – menarik perhatian akan **kemungkinan bahaya** yang dapat menyebabkan**kematian** atau **luka serius**.

PERHATIAN – memperingatkan **kemungkinan akan bahaya** yang dapat menyebabkan **luka sedang** atau **cedera ringan**. Ini juga dapat digunakan untuk **memperingatkan tindakan-tindakan yang tidak aman**.

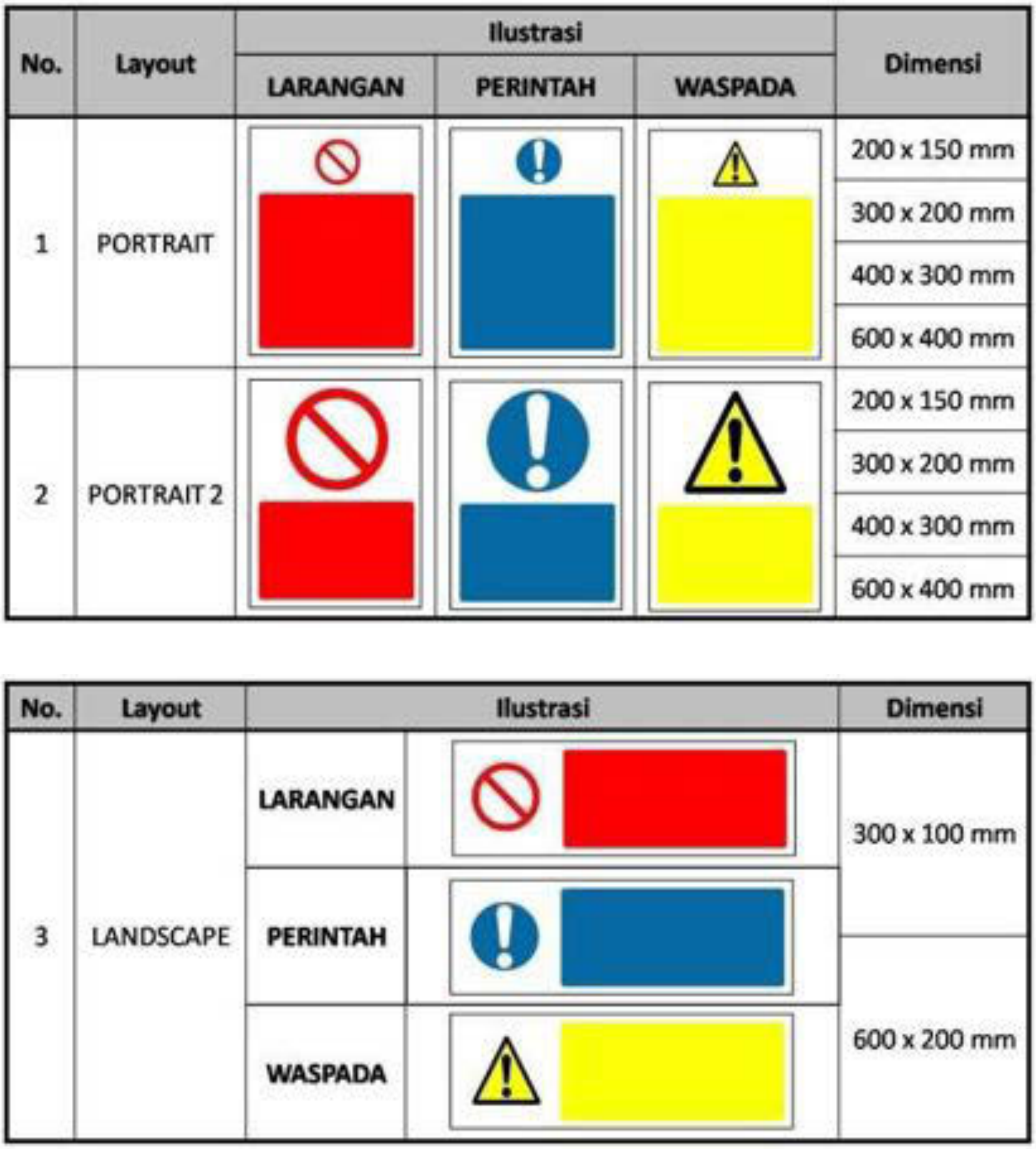
Batasi satu pesan dalam sebuah rambu. Jika menyampaikan lebih dari satu pesan, pergunakanlah rambu-rambu secara terpisah. Jangan mengkombinasikan beberapa simbol di dalam sebuah rambu, misalnya seperti contoh pada ilustrasi dibawah ini :



Gambar 4.7

Jika di area ini mewajibkan penggunaan **Pelindung Kepala**, **Pelindung Mata** dan **Pelindung Telinga**, maka gunakanlah masing-masing sebuah simbol untuk setiap perintah yang dimaksud.

LAYOUT RAMBU



No.	Layout	Ilustrasi			Dimensi
		LARANGAN	PERINTAH	WASPADA	
1	PORTRAIT				200 x 150 mm 300 x 200 mm 400 x 300 mm 600 x 400 mm
2	PORTRAIT 2				200 x 150 mm 300 x 200 mm 400 x 300 mm 600 x 400 mm

No.	Layout	Ilustrasi		Dimensi
3	LANDSCAPE	LARANGAN		300 x 100 mm
		PERINTAH		
		WASPADA		600 x 200 mm

Gambar 4.8 LAY OUT Rambu

E. PETUNJUK LAINNYA

Review secara berkala terhadap arti dari rambu-rambu yang ada bersama-sama Karyawan untuk memastikan apakah rambu-rambu yang ada telah dimengerti (lihat Pelatihan Rambu Keselamatan) Rambu-rambu seharusnya berbentuk membulat atau bersudut tumpul untuk mencegah sisi yang tajam, sisa potongan, sobekan atau benda tajam lainnya. Posisikan peralatan penyambungan dengan hati-hati agar tidak membahayakan.

Cantumkan informasi rambu keselamatan yang digunakan di lokasi kerja ke dalam buku manual Supervisor dan buku saku orientasi Karyawan Anda.

F. PELATIHAN RAMBU KESELAMATAN

Informasikan kepada seluruh Karyawan bahwa rambu-rambu yang diterapkan di area kerja adalah untuk kesehatan dan keselamatan mereka. Maka dibutuhkan kerjasama dan perlunya umpan balik dari mereka agar sistem rambu berjalan dengan efektif.

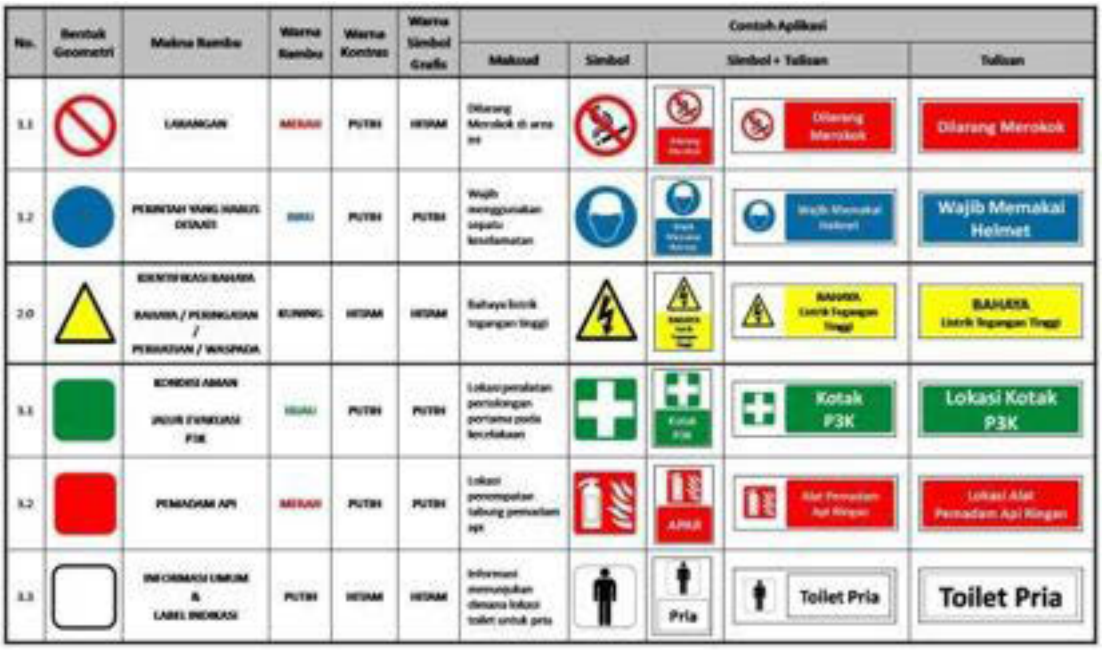
Tidak semua orang menyadari bahwa disana ada maksud dari penggunaan bentuk geometri dan warna serta arti dari rambu-rambu keselamatan atau pewarnaan di peralatan kerja maupun mesin, sekeliling tempat kerja yang mengindikasikan adanya bahaya.

Melatih seluruh Karyawan sehingga mereka memahami :

1) Arti dari berbagai bentuk, simbol-simbol, jenis rambu, dan warna-warna yang digunakan
2) Isi dari pipa berdasarkan warnanya, label identifikasi atau metode pengindikasian yang lainnya
3) Adanya bahaya atau resiko berbahaya
4) Tindakan keselamatan untuk menghindari bahaya
5) Keselamatan dan prosedur darurat sehubungan adanya bahaya
6) Bagaimana menggunakan peralatan darurat keselamatan kerja

Menjadikan pelatihan ini bagian dari proses orientasi atau induksi kepada Karyawan baru. Menyediakan Karyawan sebuah buku panduan yang berisikan panduan lengkap dan informasi terkini mengenai rambu-rambu keselamatan dan warna yang digunakan di tempat kerja. Lakukanlah evaluasi

secara periodik untuk mengupdate dan memantapkan pengetahuan Karyawan terhadap rambu-rambu keselamatan. Memberikan pelatihan ulang apabila diperlukan.



Gambar 4.9 Pelatihan Rambu Keselamatan

MERAWAT RAMBU

Menjaga rambu-rambu keselamatan selalu dalam keadaan baik. Lakukanlah inspeksi terhadap rambu-rambu yang ada pada saat inspeksi rutin ke tempat kerja.

1) Mengganti rambu-rambu yang rusak, cacat dan tidak sesuai atau yang sudah usang
2) Mengganti rambu-rambu yang sering membingungkan atau menjadi salah pengertian
3) Mencat ulang area-area dimana warna keselamatan sudah mulai pudar.

c. Rangkuman

1 Rambu-rambu keselamatan adalah peralatan yang bermanfaat untuk membantu melindungi kesehatan dan keselamatan karyawan dan pengunjung yang sedang berada di tempat kerja.

2 **Landasan Hukum rambu-rambu K3**

1) Undang-undang no 1 Tahun 1970 Pasal 14b.

“ Memasang dalam tempat kerja yang dipimpinnya, semua gambar keselamatan kerja yang diwajibkan dan semua bahan pembinaan lainnya, pada tempat-tempat yang mudah dilihat dan terbaca menurut petunjuk pegawai pengawas atau ahli keselamatan kerja “

2) Permenaker No. 05/MEN/1996 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Kriteria audit 6.4.4.

“ Rambu-rambu mengenai keselamatan dan tanda pintu darurat harus dipasang sesuai dengan standar dan pedoman “

3 Kelompok rambu-rambu dibagi dalam tiga bagian yakni :

1) PERINTAH Berupa : Larangan , kewajiban
2) WASPADA Berupa : Bahaya, Peringatan, perhatian
3) INFORMASI

4 Adapun jenis rambu dapat berupa :

1) Rambu dengan Simbol
2) Rambu dengan Simbol dan Tulisan
3) Rambu berupa pesan dalam bentuk Tulisan .

Rambu tulisan seharusnya digunakan apabila tidak adanya symbol yang tersedia.

5 Pastikan bahwa rambu-rambu diterapkan secara konsisten di tempat kerja. Penelitian menunjukkan bahwa Perusahaan yang menerapkan sistem warna dan rambu yang seragam dengan membuat tanda bahaya yang lebih jelas dan mudah dikenali telah berhasil menurunkan tingkat kecelakaan. Karyawan mengerti bahwa rambu-rambu memiliki arti yang sama bahkan walaupun mereka bekerja di Departemen atau lokasi Pabrik yang berbeda.

6 Rambu-rambu itu, terutama yang menandakan bahaya, harus:

1) Menarik perhatian orang
2) Secara jelas mengidentifikasi jenis bahaya
3) Menjelaskan tindakan segera yang perlu dilakukan untuk perlindungan keselamatan
4) Ditempatkan di tempat yang menyediakan waktu cukup bagi setiap orang untuk membaca dan mengambil tindakan
5) Dikenali dan dipahami oleh semua Karyawan
6) Memenuhi kebutuhan orang-orang yang buta warna, penglihatan terbatas karena usia, atau bahasa Indonesia
7) Memiliki ukuran yang sesuai dengan pentingnya isi pesan

7 Pertimbangkanlah untuk menggunakan rambu dengan multi-bahasa apabila ada Karyawan Anda yang tidak mengerti bahasa Indonesia.
Gunakanlah huruf besar pada setiap huruf pertama dalam kata pertama, dan selanjutnya huruf kecil. Kata-kata PERINTAH atau PERHATIAN harus dalam huruf besar.

8 Batasi satu pesan dalam sebuah rambu. Jika menyampaikan lebih dari satu pesan, pergunakanlah rambu-rambu secara terpisah. Jangan mengkombinasikan beberapa simbol di dalam sebuah rambu, misalnya seperti contoh pada ilustrasi dibawah ini :



d. Tugas

1. Amati disekitar lingkunganmu tinggal yang ada bengkel atau industrinya apakah sudah memasang / memperhatikan K3 ?

e. Tes Formatif

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan singkat dan jelas !

1. Jelaskan definisi rambu-rambu Keselamatan dan Kesehatan Kerja !
2. Apakah fungsi dari rambu-rambu Keselamatan dan Kesehatan Kerja ?
3. Sebutkan landasan hukum rambu-rambu Keselamatan dan Kesehatan Kerja ?
4. Jelaskan petunjuk pemasangan rambu-rambu Keselamatan dan Kesehatan Kerja ?
5. Bagaimana cara memposisikan rambu-rambu Keselamatan dan Kesehatan Kerja ?

f. Lembar Jawaban Tes Formatif

1. Rambu-rambu keselamatan adalah peralatan yang bermanfaat untuk membantu melindungi kesehatan dan keselamatan para karyawan dan pengunjung yang sedang berada di tempat kerja
2. Fungsi rambu-rambu Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah :
   a. Menarik perhatian terhadap adanya bahaya kesehatan dan keselamatan kerja
   b. Menunjukkan adanya potensi bahaya yang mungkin tidak terlihat
   c. Menyediakan informasi umum dan memberikan pengarahan
   d. Mengingatkan para karyawan dimana harus menggunakan peralatan perlindungan diri
   e. Mengindikasikan dimana peralatan darurat keselamatan berada

f. Memberikan peringatan waspada terhadap beberapa tindakan yang atau perilaku yang tidak diperbolehkan

3. Landasan hukum rambu-rambu Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah:

   1) Undang-undang no 1 Tahun 1970 Pasal 14b.

      " Memasang dalam tempat kerja yang dipimpinnya, semua gambar keselamatan kerja yang diwajibkan dan semua bahan pembinaan lainnya, pada tempat-tempat yang mudah dilihat dan terbaca menurut petunjuk pegawai pengawas atau ahli keselamatan kerja "

   2) Permenaker No. 05/MEN/1996 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Kriteria audit 6.4.4.

      " Rambu-rambu mengenai keselamatan dan tanda pintu darurat harus dipasang sesuai dengan standar dan pedoman "

4. **Petunjuk pemasangan rambu-rambu K3 adalah sebagai berikut :**

   a. Rambu-rambu harus terlihat jelas, ditempatkan pada jarak pandang dan tidak tertutup atau tersembunyi.
   b. Kondisikan rambu-rambu dengan penerangan yang baik. Siapapun yang berada di area kerja harus bisa membaca rambu dengan mudah dan mengenali warna keselamatannya.
   c. Pencahayaan juga harus cukup membuat bahaya yang akan ditonjolkan menjadi terlihat dengan jelas.
   d. Siapapun yang ada di area kerja harus memiliki waktu yang cukup untuk membaca pesan yang disampaikan dan melakukan tindakan yang diperlukan untuk menjaga keselamatan.
   e. Posisikan rambu-rambu yang berhubungan bersebelahan, tetapi jangan menempatkan lebih dari empat rambu dalam area yang sama.
   f. Pisahkan rambu-rambu yang tidak berhubungan.
   g. Pastikan bahwa rambu-rambu pengarah terlihat dari semua arah. Termasuk panah arah pada rambu keluar disaat arah tidak jelas atau membinggungkan. Rambu arah arus ditempatkan secara berurutan sehingga rute yang dilalui selalu jelas.

h. Rambu-rambu yang di atap harus berjarak 2.2 meter dari lantai.

5. Cara memposisikan rambu-rambu Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah sbb :

   a. Rambu-rambu harus terlihat jelas, ditempatkan pada jarak pandang dan tidak tertutup atau tersembunyi.
   b. Kondisikan rambu-rambu dengan penerangan yang baik. Siapapun yang berada di area kerja harus bisa membaca rambu dengan mudah dan mengenali warna keselamatannya.
   c. Pencahayaan juga harus cukup membuat bahaya yang akan ditonjolkan menjadi terlihat dengan jelas.
   d. Posisikan rambu dalam jarak pandang yang tepat sehingga bahaya bisa terlihat jelas.
   e. Siapapun yang berada di area kerja harus memiliki waktu yang cukup untuk membaca pesan yang disampaikan dan melakukan tindakan yang diperlukan untuk menjaga keselamatan.
   f. Posisikan rambu-rambu yang berhubungan bersebelahan, tetapi jangan menempatkan lebih dari empat rambu dalam area yang sama.
   g. Pisahkan rambu-rambu yang tidak berhubungan.
   h. Pastikan bahwa rambu-rambu pengarah terlihat dari semua arah. Termasuk arah panah pada rambu keluar di saat arah tidak jelas atau membingungkan. Rambu arah harus ditempatkan secara berurutan sehingga rute yang dilalui selalu jelas.
   i. Rambu-rambu yang digantung di atap harus berjarak 2.2 meter dari lantai.

g. lembar Kerja Peserta Didik

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan singkat dan jelas !

1. Jelaskan pengelompokan rambu-rambu Keselamatan dan Kesehatan Kerja ?
2. Sebutkan jenis-jenis rambu-rambu Keselamatan dan Kesehatan Kerja ?
3. Jelaskan cara merawat rambu-rambu Keselamatan dan Kesehatan Kerja ?

B. Kegiatan Belajar

1. Kegiatan Belajar 4. Sebab Kecelakaan Kerja

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari modul ini diharapkan siswa dapat :

1. Memahami penyebab kecelakaan kerja yang terjadi
2. Memahami factor-faktor penyebab terjadinya kecelakaan kerja

b. Uraian Materi

1. **Definisi Kecelakaan**

Menurut Frank Bird, " *an accident is undesired event that result in physical harm to a person or damage to property. It is usually the result of a contact witha source of energy* (kinetic, electrical, chemical, thermal, etc) " (Soehatman, 2010)

Menurut Heinrich, Petersen dan Roos, 1980 "Kecelakaan kerja atau kecelakaan akibat kerja adalah suatu kejadian yang tidak terencana dan tidak terkendali akibat dari suatu tindakan atau reaksi suatu objek, bahan, orang atau radiasi yang mengakibatkan cidera atau kemungkinan akibat lainnya".

Kecelakaan adalah semua kejadian yang tidak direncanakan yang menyebabkan atau berpotensial menyebabkan cidera, kesakitan, kerusakan, atau kerugian lainnya. (Standar AS/NZS 4801:2001). Sementara itu, menurut OHSAS 18001:2007 Kecelakaan Kerja didefinisikan sebagai kejadian yang berhubungan dengan pekerjaan yang dapat menyebabkan cidera atau kesakitan (tergantung dari keparahannya) kejadian kematian atau kejadian yang dapat menyebabkan kematian. Pengertian ini digunakan juga

untuk kejadian yang dapat menyebabkan merusak lingkungan (Sumber : OHSAS 18001:2007). Kecelakaan kerja menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja No.3 adalah suatu kejadian yang tidak dikehendaki dan tidak diduga semula yang dapat menimbulkan korban manusia dan atau harta benda. Berdasarkan beberapa pengertian di atas dapat kita simpulkan bahwa kecelakaan akibat kerja adalah suatu peristiwa yang tidak terduga, tidak terencana tidak dikehendaki dan menimbulkan kerugian baik jiwa maupun harta yang disebabkan oleh pekerjaan atau pada waktu melaksanakan pekerjaan yaitu ketika pulang dan pergi ke tempat kerja melalui rute yang biasa dilewati.

2. Teori-teori Kecelakaan

Sering kita dengar berita ada kecelakaan ditempat kerja, lebih-lebih kecelakaan kerja di Proyek. Menurut beberapa sumber terungkap bahwa sektor konstruksi menjadi penyumbang tertinggi kecelakaan kerja bila dibanding dengan sector lain.

Pada kesempatan ini akan kami sajikan beberapa teori tentang kecelakaan kerja menurut beberapa ahli, antara lain :

1) Teori Heinrich (Teori Domino)

Teori ini mengatakan bahwa suatu kecelakaan terjadi dari suatu rangkaian kejadian. Ada lima faktor yang terkait dalam rangkaian kejadian tersebut yaitu :

- lingkungan,
- kesalahan manusia,
- perbuatan atau kondisi yang tidak aman,
- kecelakaan, dan
- cedera atau kerugian (Ridley, 1986).

2) Teori Multiple Causation

Teori ini berdasarkan pada kenyataan bahwa kemungkinan ada lebih dari satu penyebab terjadinya kecelakaan. Penyebab ini mewakili perbuatan, kondisi atau situasi yang tidak aman. Kemungkinan-kemungkinan penyebab terjadinya kecelakaan kerja tersebut perlu diteliti.

3) Teori Gordon

Menurut Gordon (1949), kecelakaan merupakan akibat dari interaksi antara korban kecelakaan, perantara terjadinya kecelakaan, dan lingkungan yang kompleks, yang tidak dapat dijelaskan hanya dengan mempertimbangkan salah satu dari 3 faktor yang terlibat. Oleh karena itu, untuk lebih memahami mengenai penyebab-penyebab terjadinya kecelakaan maka karakteristik dari korban kecelakaan, perantara terjadinya kecelakaan, dan lingkungan yang mendukung harus dapat diketahui secara detail.

4) Teori Domino Terbaru

Setelah tahun 1969 sampai sekarang, telah berkembang suatu teori yang mengatakan bahwa penyebab dasar terjadinya kecelakaan kerja adalah ketimpangan manajemen. Widnerdan Bird dan Loftus mengembangkan teori Domino Heinrich untuk memperlihatkan pengaruh manajemen dalam mengakibatkan terjadinya kecelakaan.

5) Teori Reason

Reason (1995-1997) menggambarkan kecelakaan kerja terjadi akibat terdapat “lubang” dalam sistem pertahanan. Sistem pertahanan ini dapat berupa pelatihan-pelatihan, prosedur atau peraturan mengenai keselamatan kerja.

6) Teori Frank E. Bird Petersen

Penelusuran sumber yang mengakibatkan kecelakaan. Bird mengadakan modifikasi dengan teori domino Heinrich dengan menggunakan teori manajemen,yang intinya sebagai berikut:

- Manajemen kurang kontrol.
- Sumber penyebab utama.
- Gejala penyebab langsung (praktek di bawah standar).
- Kontak peristiwa (kondisi di bawah standar).
- Kerugian gangguan (tubuh maupun harta benda).

3. Klasifikasi Kecelakaan Kerja

Pengertian kejadian menurut standar Australian AS 1885 1 (1990) adalahsuatu proses atau kejadian cidera atau penyakit akibat kerja. (Mayendra,2009) Banyak tujuan yang dicapai dengan melakukan pengklasifikasian kejadian kecelakaan akibat kerja. Salah satu diantaranya adalah untuk mengidentifikasi proses alami suatu kejadian seperti dimana terjadinya kecelakaan, apa yang dilakukan oleh karyawan dan alat apa yang digunakan oleh karyawan sehingga menyebabkan kecelakaan. Dengan menerapkan kode-kode kecelakaan kerja maka akan sangat membantu proses investigasi dalam menginterpretasikan informasi-informasi yang di dapat. ada banyak refrensi yang menjelaskan mengenai kode-kode dari kecelakaan kerja, salah satunya adalah standar Australian 1885 1 (1990). Berdasarkan standar tersebut, kode yang digunakan untuk mekanisme terjadinya cidera/sakit akibat kerja dibagi sebagi berikut :

1) Jatuh dari atas ketinggian
2) Jatuh dari ketinggian yang sama
3) Menabrak objek dengan bagian tubuh
4) Terpajan oleh getaran mekanik
5) Tertabrak oleh objek yang bergerak
6) Terpajan oleh suara yang tiba-tiba

7) Terpajan oleh suara yang lama
8) Terpajan tekanan yang bervariasi
9) Pergerakan berulang dengan pengangkatan otot yang rendah
10) Otot tegang lainnya
11) Kontak dengan listrik
12) Kontak atau terpajan dengan dingin atau panas
13) Terpajan radiasi
14) Kontak tunggal dengan bahan kimia
15) Kontak jangka panjang dengan bahan kimia
16) Kontak lainnya dengan bahan kimia
17) Kontak dengan atau terpajan dengan faktor biologi
18) Terpajan faktor stress mental
19) Longsor atau runtuh
20) Kecelakaan kendaraan/mobil
21) Lain-lain mekanisme cidera berganda atau banyak
22) Mekanisme cidera yang tidak spesifik

4. Teori Penyebab dan Model Kecelakaan

4.1 Model Kecelakaan

Dalam proses terjadinya kecelakaan terkait 4 unsur produksi yaitu

People, Equipment, Material, dan Environment (PEME) yang saling berinteraksi danbersama-sama menghasilkan suatu produk atau jasa. (Soehatman, 2010)Kecelakaan dapat terjadi karena konsdisi alat atau material yang digunakan dalam bekerja. Alat dan material ada kemungkinan besar memiliki kondisi yang berbahaya. Selain itu kecelakaan juga dapat disebabkan oleh lingkungan tempat bekerja. Hal ini dapat terjadi karena lingkungan tempat bekerja yang tidak aman seperti, kebisingan, pencahayaan yang kurang, banyaknya asap atau debu, dan bahan-bahan kimia yang bersifat toksin/racun. Kemudian faktor terakhir yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan adalah orang/pekerja itu

sendiri. Adanya human error pada perkerja yang mengakibatkan kecelakaan semakin sering terjadi. Berdasarkan teori Heinrich dikatakan bahwa manusia memiliki kecenderungan untuk melakukan kesalahan yang akan berasosiasi dengan faktor penyebab kecelakaan lainnya sehingga menimbulkan an accident .

Pentingnya mempelajari model kecelakaan adalah sebagai berikut

1) Memahami klasifikasi sistem yang logis, objektif dan dapat diterima secara universal. Dengan mengklasifikasikan sistem maka beberapa fenomena, kejadian yang melatar belakangi kecelakaan dapat dikelompok-kelompokkan sehingga menjadi mudah dianalisa.
2) Model kecelakaan dapat mempermudah identifikasi bahaya karena kerangka logiknya jelas
3) Model kecelakaan dapat membantu investigasi kecelakaan dan membantu cara-cara pengendaliannya.

4.2 Teori Penyebab Kecelakaan

Kecelakaan kerja umumnya disebabkan oleh berbagai faktor penyebab,berikut teori-teori mengenai terjadinya suatu kecelakaan :

a. Pure Chance Theory (Teori Kebetulan Murni)

   Teori yang menyimpulkan bahwa kecelakaan terjadi atas kehendakTuhan, sehingga tidak ada pola yang jelas dalam rangkaian peristiwanya,karena itu kecelakaan terjadi secara kebetulan saja.

b. Accident Prone Theory (Teori Kecenderungan Kecelakaan)

   Teori ini berpendapat bahwa pada pekerja tertentu lebih sering tertimpa kecelakaan, karena sifat-sifat pribadinya yang memang cenderung untuk mengalami kecelakaan kerja.

c. Three Main Factor (Teori Tiga Faktor)

Menyebutkan bahwa penyebab kecelakaan peralatan, lingkungan dan faktor manusia pekerja itu sendiri.

d. Two main Factor (Teori Dua Faktor)

Kecelakaan disebabkan oleh kondisi berbahaya (unsafe condition) dan tindakan berbahaya (unsafe action).

e. Human Factor Theory (Teori Faktor Manusia)

Menekankan bahwa pada akhirnya seluruh kecelakaan kerja tidak langsung disebabkan karena kesalahan manusia.

4.3 Jenis-jenis teori penyebab kecelakaan

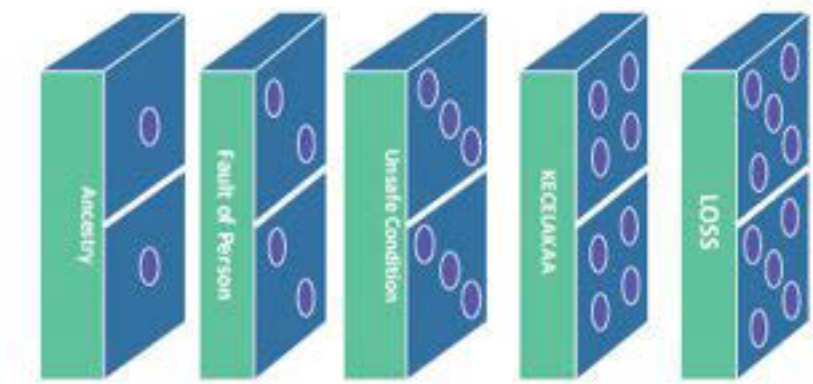
a. Teori Domino

Heinrich (1980) dalam risetnya menemukan sebuah teori yang dinamai teori domino. Teori ini menyebutkan bahwa pada setiap kecelakaan yang menimbulkan cedera, terdapat lima faktor secara berurutan yang digambarkan sebagai lima domino yang berdiri sejajar, yaitu kebiasaan, kesalahan seseorang, perbuatan, dan kondisi tidak aman (*hazard*), kecelakaan, serta cedera. Heinrich mengemukakan, untuk mencegah terjadinya kecelakaan, kuncinya adalah dengan memutuskan rangkaian sebab akibat. Misalnya dengan membuang *hazard*, satu domino diantaranya.

Menurut Heinrich, 88% kecelakaan disebabkan oleh perbuatan / tindakan tidak aman dari manusia *(unsafe act),* sedangkan sisanya disebabkan oleh hal-hal yang tidak berkaitan dengan kesalahan manusia, yaitu 10% disebabkan kondisi yang tidak aman *(unsafe condition)* dan 2% disebabkan tandir Tuhan. Heinrich menekankan bahwa kecelakaan lebih banyak disebabkan oleh kekeliruan, kesalahan yang dilakukan oleh manusia. Menurutnya, tindakan dan kondisi yang tidak aman akan terjadi bila manusia berbuat suatu kekeliruan. Hal ini

lebih jauh menurutnya disebabkan karena factor karkteristik manusia itu sendiri yang dipengaruhi oleh keturunan *(ancestry)* dan lingkungannya *(environment).*

Pada gambar dibawah ini terlihat batu domino disusun berurutan sesuai dengan faktor-faktor penyebab kecelakaan yang dimaksud oleh Heinrich. Bila batu pertama atau batu ketiga roboh ke kanan maka semua batu dikananya akan roboh. Dengan kata lain bila terdapat suatu kesalahan manusia, maka akan tercipta tindakan dan kondisi tidak aman, dan kecelakaan serta kerugian akan timbul. Heinrich mengatakan rantai batu tersebut diputus pada batu ketiga maka kecelakaan dapat dihindari.



Gambar 4.10. Teori Domino dari H.W. Heinrich
(Sumber : Industrial Accident Prevention)

b. Teori Bird & Loftus

Setelah beberapa decade munculnya teori domino dari Heinrich, kemudian muncul model yang lebih modern



yang dikembangkan berdasarkan model dasar yang dibuat oleh Heinrich, Frank E. Bird dan Robert G. Loftus mengembangkan model tersebut sebagai berikut :

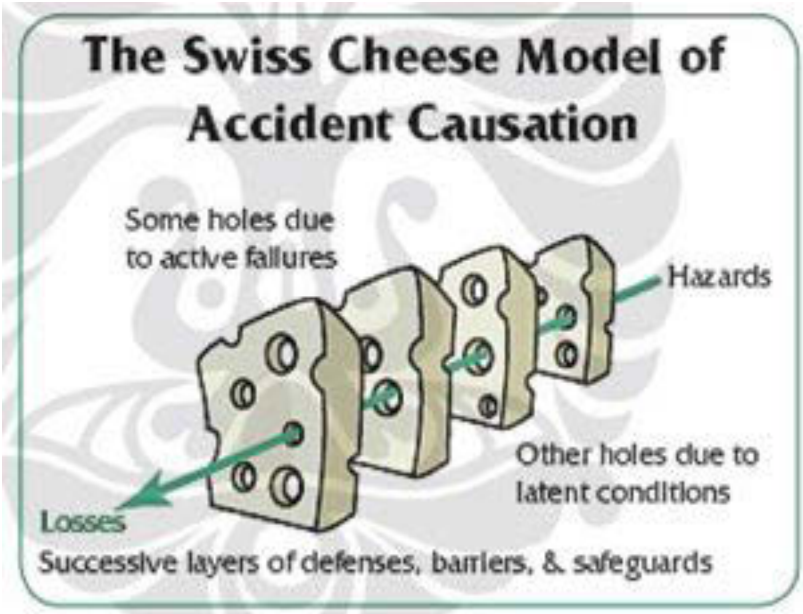
Gambar 4.11. Teori Bird & Loftus

(Sumber : Industrial Accident Prevention)

c. Teori *Swiss Cheese*

Mula-mula model ini dikembangkan untuk industry tenaga nuklir, pendekatan Reason pada penyebab terjadinya kecelakaan adalah berdasarkan asumsi banhwa elemen-elemen pokok dari suatu organisasi harus bekerja sama secara harmonis bila menginginkan operasional yang efisien dan aman. Setelah itu teori ini banyak digunakan di dunia penerbangan. Berdasarkan

teori dari Reason dijelaskana bahwa kecelakaan terjadi ketika terjadi kegagalan interaksi pada setiap komponen yang terilbat dalam suatu system produksi. Seperti yang digambarkan pada gambar dibawah ini, kegagalan suatu



proses dapat dilukiskan sebagai lubang dalam setiap lapisan system yang berbeda, dengan demikian menjelaskan apa dari tahapan suatu proses produksi tersebut yang gagal.

Gambar 4.12. Swiss cheese model dari T. Reason
Sumber : Data Gathering, James T Reason

5. Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja



Gambar 4.13

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) arti kata kecelakaan adalah mendapat celaka, bencana, kemalangan, kejadian (peristiwa) yang

menyebabkan orang celaka. Ada yang mengatakan defenisi kecelakaan adalah suatu kejadian yang tidak diinginkan atau tidak terduga yang dapat menimbulkan kerugian material, kerusakan alat, cedera, korban jiwa dan kekacauan. Kecelakaan tidak selalu harus ada korban jiwa atau kekacauan namun kejadian itu berdampak menimbulkan kerugian.

Faktor Penyebab Kecelakaan Mengapa kecelakaan terjadi?, ada beberapa factor yang menjadi penyebab kecelakaan, namun dalam setiap investigasi yang dilakukan pasca terjadinya kecelakaan selalu dititik beratkan pada 2 (dua) hal mendasar yaitu:

a. Kondisi tidak aman *(unsafe condition)*
b. Tindakan tidak aman *(unsafe action)*

Beberapa contoh kondisi tidak aman adalah, peralatan kerja yang sudah tidak layak pakai baik karena using maupun kerusakan, tempat kerja yang semrawut dan berantakan juga dapat menyebabkan kondisi yang tidak aman, terdapat bahan-bahan berbahaya yang tidak dilindungi dengan semestinya, perangkat eleltrikal yang tidak terawat, tidak adanya rambu-rambu keselamatan yang memadai dilingkungan kerja. Disinilah terlihat betapa pentingnya rambu rambu keselamatan kerja dan yang paling sederhana diantara itu semua adalah *safety poster* dan *safety sticker* disamping tanda tanda *safety sign* lainnya. Adapun contoh tindakan tidak aman seperti tidak dikenakannya Alat Pelindung Diri, merokok tidak pada area yang telah disediakan, mengemudi dalam keadaan mengantuk, minum minuman keras, penggunaan narkoba dan lain sebagainya.
Ada beberapa factor yang menyebabkan seseorang melakukan tindakan tidak aman dalam melakukan pekerjaan :

1) Ketidak tahuan tenaga kerja tentang bahaya bahaya ditempat kerja dikarenakan tidak adanya prosedur kerja standar atau system operating procedure (SOP) dan Instruksi kerja yang

baku juga peraturan kesehatan dan keselamatan kerja (K3) yang diterapkan perusahaan.

2) Tenaga kerja yang tidak terampil dalam mengoperasikan suatu peralatan atau mesin, mengemudikan kendaraan dan menggunakan perangkat kerja lainnya.
3) Kekacauan system manajemen K3 perusahaan itu sendiri misal, tidak komitmennya manajemen dalam pelaksanaan K3, penegakan peraturan yang lemah, tanggung jawab K3 tidak jelas, tidak adanya audit K3, anggaran yang tidak mendukung dan lain lain.

Dalam rangka menekan angka kecelakaan kerja yang tinggi memang diperlukan kerja sama semua pihak baik manajemen maupun karyawan suatu perusahaan. Penerapan peraturan K3 yang tegas dan konsisten mutlak diperlukan. Komitmen dalam menerapkan manajemen K3 memang membutuhkan anggaran yang tidak sedikit, baik untuk memberikan pendidikan dan pelatihan kepada karyawan tentang dasar dasar dan prinsip K3, memberikan penjelasan mengenai identifikasi bahaya berupa potensi potensi bahaya yang ada dilingkungan kerja secara berkelanjutan.

Dalam hal identifikasi bahaya inilah rambu rambu keselamatan atau perangkat safety sign mutlak diperlukan baik sebagai petunjuk, peringatan maupun himbauan. Selain dari 2 (dua) hal diatas faktor lain penyebab kecelakaan kerja yang berada diluar jangkauan manusia untuk mengontrolnya adalah 'takdir'.

5.1 Faktor penyebab kecelakaan kerja menurut Heinrich (1980) antara lain:

1) *Ancestry dan Social Environment*, yaitu faktor keturunan, keras kepala, gugup, penakut, iri hati, sembrono, tidak sabar, pemarah, tidak mau bekerja sama, tidak mau menerima pendapat orang lain, dan lain-lain.
2) *Fault of Person*, yaitu rangkaian dari faktor keturunan dan lingkungan yang menjurus pada tindakan yang salah

dalam melakukan pekerjaan. Ada beberapa keadaan yang menyebabkan seseorang melakukan kesalahan-kesalahan, yaitu:

1. Pendidikan, pengetahuan, dan keterampilan yang rendah
2. Keadaan fisik seseorang yang tidak memenuhi syarat
3. (Keadaan mesin atau lingkungan fisik yang tidak memenuhi syarat
4. *Unsafe Actions and Unsafe Conditions*, yaitu tindakan berbahaya disertai bahaya mekanik dan fisik yang memudahkan terjadinya kecelakaan.

3) Penyebab Langsung *(Immediate Causes)*

Penyebab langsung Kecelakaan Adalah suatu keadaan yang biasanya bisa dilihat dan di rasakan langsung, yang di bagi 2 kelompok:

a. Tindakan-tindakan tidak aman *(unsafe acts)* yaitu Perbuatan berbahaya dari dari manusia yang dalam beberapa hal dapat dilatar belakangi antara lain:

- Cacat tubuh yang tidak kentara *(bodilly defect)*
- Keletihan dan kelesuan *(fatigiue and boredom)*
- Sikap dan tingkah laku yang tidak aman
- Pengetahuan.

b. Kondisi yang tidak aman *(unsafe condition)* yaitu keadaan yang akan menyebababkan kecelakaan, terdiri dari:

- Mesin, peralatan, bahan.
- Lingkungan
- Proses pekerjaan
- Sifat pekerjaan
- Cara kerja

4) Penyebab Dasar *(Basic causes).*

Penyebab Dasar *(Basic Causes)*, terdiri dari 2 faktor yaitu

a. Faktor manusia/personal *(personal factor)*

- Kurang kemampuan fisik, mental dan psikologi
- Kurangnya /lemahnya pengetahuan dan skill.
- Stres.
- Motivasi yang tidak cukup/salah

b. Faktor kerja/lingkungan kerja (*job work enviroment factor)*

- Factor fisik yaitu, kebisingan, radiasi, penerangan, iklim dll.
- Factor kimia yaitu debu, uap logam, asap, gas dst
- Factor biologi yaitu bakteri,virus, parasit, serangga.
- Ergonomi dan psikososial.

Menurut Henrich faktor penyebab kecelakaan disebabkan oleh faktor Tindakan-tindakan tidak aman (unsafe acts) 80 % dan Kondisi yang tidak aman *(unsafe condition)* 20%.
Menurut Suma'mur faktor penyebab kecelakaan disebabkan oleh faktor Tindakan-tindakan tidak aman *(unsafe acts)* 85 % dan Kondisi yang tidak aman *(unsafe condition)* 15 %.
Menurut Hastuti dan Adiatma faktor penyebab kecelakaan disebabkan oleh faktor Tindakan-tindakan tidak aman *(unsafe acts)* 85 % dan Kondisi yang tidak aman *(unsafe condition)* 10% dan faktor alam *(act of god)* 5%.
Menurut Phoon (1988), penyebab kecelakaan sangat banyak, beraneka ragam, dan kompleks.

Faktor utama yang menyebabkan kecelakaan adalah:

a. Lingkungan kerja
b. Metode kerja
c. Pekerja sendiri

Namun pada akhirnya semua kecelakaan baik langsung maupun tidak langsung, di akibatkann kesalahan manusia.

Selalu ada resiko kegagalan *(risk of failures)* pada setiap proses/ aktivitas pekerjaan. Dan saat kecelakaan kerja *(work accident)* terjadi, seberapapun kecilnya, akan mengakibatkan efek kerugian *(loss).* Karena itu sebisa mungkin dan sedini mungkin, kecelakaan/ potensi kecelakaan kerja harus dicegah/ dihilangkan, atau setidak-tidaknya dikurangi dampaknya.

Penanganan masalah keselamatan kerja di dalam sebuah perusahaan harus dilakukan secara serius oleh seluruh komponen pelaku usaha, tidak bisa secara parsial dan diperlakukan sebagai bahasan-bahasan marginal dalam perusahaan. Salah satu bentuk keseriusan itu adalah resourcing, baik itu finansial dan MSDM.

Secara umum penyebab kecelakaan di tempat kerja adalah sebagai berikut:

a. Kelelahan *(fatigue)*
b. Kondisi tempat kerja *(enviromental aspects)* dan pekerjaan yang tidak aman *(unsafe working condition)*
c. Kurangnya penguasaan pekerja terhadap pekerjaan, ditengarai penyebab awalnya *(pre-cause)* adalah kurangnya training
d. Karakteristik pekerjaan itu sendiri.
e. Hubungan antara karakter pekerjaan dan kecelakaan kerja menjadi fokus bahasan yang cukup menarik dan membutuhkan perhatian tersendiri. Kecepatan kerja *(paced work),* pekerjaan yang dilakukan secara berulang *(short-cycle repetitive work),* pekerjaan-pekerjaan yang harus diawali dengan “pemanasan prosedural”, beban kerja (workload), dan lamanya sebuah pekerjaan dilakukan *(workhours)* adalah beberapa karakteristik pekerjaan yang dimaksud.

f. Penyebab-penyebab di atas bisa terjadi secara tunggal, simultan, maupun dalam sebuah rangkain sebab-akibat (cause consequences chain).

6. Contoh-Contoh Kecelakaan Kerja dan Lingkungan

Dunia industri minyak dan gas bumi adalah industri yang rawan terhadap kecelakaan yang menyebabkan kerusakan lingkungan. Sifat material minyak dan gas bumi yang mudah terbakar dan beracun serta berbahaya membuat kelalaian sekecil apapun dapat menjadi bencana lingkungan yang besar. Terjadinya kecelakaan kerja dan lingkungan didominasi oleh faktor kesalahan manusia karena perilaku tidak aman dalam bekerja. Contoh-contoh kecelakaan kerja dan lingkungan yang terjadi adalah sebagai berikut:

a. Tumpahan minyak *(Oil Spill)*

Tumpahan minyak salah satunya disebabkan oleh pekerja yang tidak mengikuti *Standard Operation Procedure* (SOP) dalam bekerja. Tumpahan minyak ini tidak hanya menyebabkan kerugian pada pekerja itu sendiri dan peralatan, namun juga menyebabkan kerusakan pada lingkungan. Kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh pekerja yang tidak mengikuti SOP berdampak pada timbulnya pencemaran udara, air dan tanah di lingkungan kerja dan lingkungan sekitar. Tumpahan minyak selalu terjadi setiap tahunnya di beberapa perusahaan Migas akibat dari kelalaian pekerja yang tidak mengikuti SOP.

b. Ledakan

Ledakan di area kerja acap kali terjadi akibat kelalaian pekerja atas perilaku yang tidak aman dalam bekerja. Ledakan pernah terjadi di area pengelasan yang disebabkan karena terakumulasinya gas di dalam *tool box* tempat penyimpanan lampu potong (*cutting torch*). Pada saat peletakkan lampu potong, pekerja tidak menyadari bahwa tangkai pengangan (*handle/valve*) lampu potong masih dalam keadaan terbuka,

sehingga tertekan dengan tidak sengaja di dalam *tool box* dan terjadilah akumulasi gas. Percikan api dari pengelasan yang berada di area *tool box* menyebabkan gas dan api bertemu dan menimbulkan ledakan di lingkungan kerja.

c. Kebakaran

Kebakaran yang terjadi dalam hal ini tidak hanya berdampak negatif pada pekerja dan peralatan, tetapi juga pada lingkungan kerja dan sekitar.

*www.hse-info.com/**teori-kecelakaan-kerja**/*

tuloe.wordpress.com/2010/02/20/**penyebab-kecelakaan-kerja**/

doyock-online.blogspot.com/2012/12/**sebab-sebab-kecelakaan-kerja**

c. Rangkuman

Menurut Heinrich, Petersen dan Roos, 1980 “Kecelakaan kerja atau kecelakaan akibat kerja adalah suatu kejadian yang tidak terencana dan tidak terkendali akibat dari suatu tindakan atau reaksi suatu objek, bahan, orang atau radiasi yang mengakibatkan cidera atau kemungkinan akibat lainnya”.

Kecelakaan adalah semua kejadian yang tidak direncanakan yang menyebabkan atau berpotensial menyebabkan cidera, kesakitan, kerusakan, atau kerugian lainnya. (Standar AS/NZS 4801:2001).

Berdasarkan beberapa pengertian di atas dapat kita simpulkan bahwa kecelakaan akibat kerja adalah suatu peristiwa yang tidak terduga, tidak terencana tidak dikehendaki dan menimbulkan kerugian baik jiwa maupun harta yang disebabkan oleh pekerjaan atau pada waktu melaksanakan pekerjaan yaitu ketika pulang dan pergi ke tempat kerja melalui rute yang biasa dilewati.

Teori tentang kecelakaan kerja menurut beberapa ahli, antara lain :

1. Teori Heinrich (Teori Domino)

   Teori ini mengatakan bahwa suatu kecelakaan terjadi dari suatu rangkaian kejadian. Ada lima faktor yang terkait dalam rangkaian kejadian tersebut yaitu :

   - lingkungan,
   - kesalahan manusia,
   - perbuatan atau kondisi yang tidak aman,
   - kecelakaan, dan
   - cedera atau kerugian (Ridley, 1986).

2. Teori Multiple Causation

   Teori ini berdasarkan pada kenyataan bahwa kemungkinan ada lebih dari satu penyebab terjadinya kecelakaan. Penyebab ini mewakili perbuatan, kondisi atau situasi yang tidak aman. Kemungkinan-kemungkinan penyebab terjadinya kecelakaan kerja tersebut perlu diteliti.

3. Teori Gordon

   Menurut Gordon (1949), kecelakaan merupakan akibat dari interaksi antara korban kecelakaan, perantara terjadinya kecelakaan, dan lingkungan yang kompleks, yang tidak dapat dijelaskan hanya dengan mempertimbangkan salah satu dari 3 faktor yang terlibat. Oleh karena itu, untuk lebih memahami mengenai penyebab-penyebab terjadinya kecelakaan maka karakteristik dari korban kecelakaan, perantara terjadinya kecelakaan, dan lingkungan yang mendukung harus dapat diketahui secara detail.

4. Teori Domino Terbaru

   Setelah tahun 1969 sampai sekarang, telah berkembang suatu teori yang mengatakan bahwa penyebab dasar terjadinya kecelakaan kerja adalah ketimpangan manajemen. Widnerdan Bird dan Loftus

mengembangkan teori Domino Heinrich untuk memperlihatkan pengaruh manajemen dalam mengakibatkan terjadinya kecelakaan.

5. Teori Reason

   Reason (1995-1997) menggambarkan kecelakaan kerja terjadi akibat terdapat “lubang” dalam sistem pertahanan. Sistem pertahanan ini dapat berupa pelatihan-pelatihan, prosedur atau peraturan mengenai keselamatan kerja.

6. Teori Frank E. Bird Petersen

   Penelusuran sumber yang mengakibatkan kecelakaan. Bird mengadakan modifikasi dengan teori domino Heinrich dengan menggunakan teori manajemen,yang intinya sebagai berikut:

   - Manajemen kurang kontrol.
   - Sumber penyebab utama.
   - Gejala penyebab langsung (praktek di bawah standar).
   - Kontak peristiwa (kondisi di bawah standar).
   - Kerugian gangguan (tubuh maupun harta benda).

Klasifikasi Kecelakaan Kerja

Berdasarkan standar tersebut, kode yang digunakan untuk mekanisme terjadinya cidera/sakit akibat kerja dibagi sebagi berikut :

1. Jatuh dari atas ketinggian
2. Jatuh dari ketinggian yang sama
3. Menabrak objek dengan bagian tubuh
4. Terpajan oleh getaran mekanik
5. Tertabrak oleh objek yang bergerak
6. Terpajan oleh suara yang tiba-tiba
7. Terpajan oleh suara yang lama
8. Terpajan tekanan yang bervariasi
9. Pergerakan berulang dengan pengangkatan otot yang rendah
10. Otot tegang lainnya
11. Kontak dengan listrik
12. Kontak atau terpajan dengan dingin atau panas

13. Terpajan radiasi
14. Kontak tunggal dengan bahan kimia
15. Kontak jangka panjang dengan bahan kimia
16. Kontak lainnya dengan bahan kimia
17. Kontak dengan atau terpajan dengan faktor biologi
18. Terpajan faktor stress mental
19. Longsor atau runtuh
20. Kecelakaan kendaraan/mobil
21. Lain-lain mekanisme cidera berganda atau banyak
22. Mekanisme cidera yang tidak spesifik

Teori Penyebab dan Model Kecelakaan

1. Model Kecelakaan

   Dalam proses terjadinya kecelakaan terkait 4 unsur produksi yaitu People, Equipment, Material, dan Environment (PEME) yang saling berinteraksi danbersama-sama menghasilkan suatu produk atau jasa. (Soehatman, 2010)Kecelakaan dapat terjadi karena konsdisi alat atau material yang digunakan dalam bekerja. Alat dan material ada kemungkinan besar memiliki kondisi yang berbahaya. Selain itu kecelakaan juga dapat disebabkan oleh lingkungan tempat bekerja. Hal ini dapat terjadi karena lingkungan tempat bekerja yang tidak aman seperti, kebisingan, pencahayaan yang kurang, banyaknya asap atau debu, dan bahan-bahan kimia yang bersifat toksin/racun. Kemudian faktor terakhir yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan adalah orang/pekerja itu sendiri. Adanya human error pada perkerja yang mengakibatkan kecelakaan semakin sering terjadi. Berdasarkan teori Heinrich dikatakan bahwa manusia memiliki kecenderungan untuk melakukan kesalahan yang akan berasosiasi dengan faktor penyebab kecelakaan lainnya sehingga menimbulkan *an accident*.

   Pentingnya mempelajari model kecelakaan adalah sebagai berikut :

   (1). Memahami klasifikasi sistem yang logis, objektif dan dapat diterima secara universal. Dengan mengklasifikasikan sistem maka beberapa fenomena, kejadian yang melatar belakangi

kecelakaan dapat dikelompok-kelompokkan sehingga menjadi mudah dianalisa.

(2). Model kecelakaan dapat mempermudah identifikasi bahaya karena kerangka logiknya jelas.

(3). Model kecelakaan dapat membantu investigasi kecelakaan dan membantu cara-cara pengendaliannya.

2. Teori Penyebab Kecelakaan

   Kecelakaan kerja umumnya disebabkan oleh berbagai faktor penyebab,berikut teori-teori mengenai terjadinya suatu kecelakaan :

   2.1 Pure Chance Theory (Teori Kebetulan Murni)

   2.2 Accident Prone Theory (Teori Kecenderungan Kecelakaan)

   2.3 Three Main Factor (Teori Tiga Faktor)

   2.4 Two main Factor (Teori Dua Faktor)

   2.5 Human Factor Theory (Teori Faktor Manusia)

3. Jenis-jenis teori penyebab kecelakaan

   3.1 Teori Domino

   3.2 Teori Bird & Loftus

   3.3 Swiss Cheese

4. Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja

5. Faktor penyebab kecelakaan kerja menurut Heinrich (1980) antara lain:

   1). *Ancestry dan Social Environment*, yaitu faktor keturunan, keras kepala, gugup, penakut, iri hati, sembrono, tidak sabar, pemarah, tidak mau bekerja sama, tidak mau menerima pendapat orang lain, dan lain-lain.

   2). *Fault of Person*, yaitu rangkaian dari faktor keturunan dan lingkungan yang menjurus pada tindakan yang salah dalam melakukan pekerjaan. Ada beberapa keadaan yang menyebabkan seseorang melakukan kesalahan-kesalahan,

   3). *Unsafe Actions and Unsafe Conditions*, yaitu tindakan berbahaya disertai bahaya mekanik dan fisik yang memudahkan terjadinya kecelakaan.

4). Penyebab Langsung *(Immediate Causes)*

Penyebab langsung Kecelakaan Adalah suatu keadaan yang biasanya bisa dilihat dan di rasakan langsung, yang di bagi 2 kelompok:

a. Tindakan-tindakan tidak aman *(unsafe acts)* yaitu Perbuatan berbahaya dari dari manusia yang dalam beberapa hal dapat dilatar belakangi antara lain:

- Cacat tubuh yang tidak kentara *(bodilly defect)*
- Keletihan dan kelesuan *(fatigiue and boredom)*
- Sikap dan tingkah laku yang tidak aman
- Pengetahuan.

b. Kondisi yang tidak aman *(unsafe condition)* yaitu keadaan yang akan menyebababkan kecelakaan, terdiri dari:

- Mesin, peralatan, bahan.
- Lingkungan
- Proses pekerjaan
- Sifat pekerjaan
- Cara kerja

5). Penyebab Dasar *(Basic causes).*

Penyebab Dasar *(Basic Causes)*, terdiri dari 2 faktor yaitu

a. Faktor manusia/personal *(personal factor)*

b. Faktor kerja/lingkungan kerja (*job work enviroment factor)*

d. Tugas

1. Amati pada seseorang yang sedang bekerja dengan menggunakan mesin, apa yang menyebabkan bisa terjadinya kecelakaan ?

e. Tes Formatif

Jawablah pertanyaan-pertanyaan yang dibawah ini dengan singkat dan jelas!

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan kecelakaan ?
2. Sebutkan teori penyebab kecelakaan ?
3. Apa yang dimaksud dengan penyebab langsung kecelakaan?
4. Sebutkan factor-faktor penyebab kecelakaan ?
5. Apa yang dimaksud *unsafe condition* ?

f. Lembar Jawaban Tes Formatif

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan kecelakaan ?

   Menurut Heinrich, Petersen dan Roos, 1980 "Kecelakaan kerja atau kecelakaan akibat kerja adalah suatu kejadian yang tidak terencana dan tidak terkendali akibat dari suatu tindakan atau reaksi suatu objek, bahan, orang atau radiasi yang mengakibatkan cidera atau kemungkinan akibat lainnya".

2. Sebutkan teori penyebab kecelakaan dan jelaskan ?

   Kecelakaan kerja umumnya disebabkan oleh berbagai faktor penyebab,berikut teori-teori mengenai terjadinya suatu kecelakaan :

   a. Pure Chance Theory (Teori Kebetulan Murni)

      Teori yang menyimpulkan bahwa kecelakaan terjadi atas kehendakTuhan, sehingga tidak ada pola yang jelas dalam rangkaian peristiwanya,karena itu kecelakaan terjadi secara kebetulan saja.

   b. Accident Prone Theory (Teori Kecenderungan Kecelakaan)

Teori ini berpendapat bahwa pada pekerja tertentu lebih sering tertimpa kecelakaan, karena sifat-sifat pribadinya yang memang cenderung untuk mengalami kecelakaan kerja.

c. Three Main Factor (Teori Tiga Faktor)

Menyebutkan bahwa penyebab kecelakaan peralatan, lingkungan dan faktor manusia pekerja itu sendiri.

d. Two main Factor (Teori Dua Faktor)

Kecelakaan disebabkan oleh kondisi berbahaya (unsafe condition) dan tindakan berbahaya (unsafe action).

e. Human Factor Theory (Teori Faktor Manusia)

Menekankan bahwa pada akhirnya seluruh kecelakaan kerja tidak langsung disebabkan karena kesalahan manusia.

3. Apa yang dimaksud dengan penyebab langsung kecelakaan?

Penyebab langsung Kecelakaan Adalah suatu keadaan yang biasanya bisa dilihat dan di rasakan langsung, yang di bagi 2 kelompok:

a. Tindakan-tindakan tidak aman *(unsafe acts)* yaitu Perbuatan berbahaya dari dari manusia yang dalam beberapa hal dapat dilatar belakangi antara lain:
   - Cacat tubuh yang tidak kentara *(bodilly defect)*
   - Keletihan dan kelesuan *(fatigiue and boredom)*
   - Sikap dan tingkah laku yang tidak aman
   - Pengetahuan.

b. Kondisi yang tidak aman *(unsafe condition)* yaitu keadaan yang akan menyebababkan kecelakaan, terdiri dari:
   - Mesin, peralatan, bahan.
   - Lingkungan
   - Proses pekerjaan
   - Sifat pekerjaan
   - Cara kerja

4. Sebutkan factor-faktor penyebab kecelakaan ?

   Faktor penyebab kecelakaan kerja menurut Heinrich (1980) antara lain:

   1). *Ancestry dan Social Environment*, yaitu faktor keturunan, keras kepala, gugup, penakut, iri hati, sembrono, tidak sabar, pemarah, tidak mau bekerja sama, tidak mau menerima pendapat orang lain, dan lain-lain.

   2). *Fault of Person*, yaitu rangkaian dari faktor keturunan dan lingkungan yang menjurus pada tindakan yang salah dalam melakukan pekerjaan. Ada beberapa keadaan yang menyebabkan seseorang melakukan kesalahan-kesalahan,

   3). *Unsafe Actions and Unsafe Conditions*, yaitu tindakan berbahaya disertai bahaya mekanik dan fisik yang memudahkan terjadinya kecelakaan.

5. Apa yang dimaksud *unsafe condition* ?

   Kondisi yang tidak aman *(unsafe condition)* yaitu keadaan yang akan menyebababkan kecelakaan, terdiri dari:

   - Mesin, peralatan, bahan.
   - Lingkungan
   - Proses pekerjaan
   - Sifat pekerjaan
   - Cara kerja

g. Lembar Kerja Peserta Didik

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan singkat dan jelas !

1. *Apa yang dimaksud dengan Ancestry dan Social Environment ?*
2. Jelas apa itu Accident Prone Theory (Teori Kecenderungan Kecelakaan) ?
3. Apa pentingnya mempelajari model kecelakaan !

B. Kegiatan Belajar : Identifikasi dan Pengontrolan Bahaya

1. Kegiatan Belajar 5. Identifikasi dan Pengontrolan Bahaya

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari modul 5 ini diharapkan siswa :

1. Mampu mengidentifikasi batasan bahaya dan resiko kerja
2. Mampu mengidentifikasi jenis dan contoh bahaya dan resiko kerja
3. Mampu mengidentifikasi metode bahaya kerja
4. Memahami manajemen resiko kerja

b. Uraian Materi

Pendahuluan

Berbagai potensi bahaya di tempat kerja senantiasa dijumpai. Kerugian yang diderita tidak hanya berupa kerugian materi yang cukup besar namun lebih dari itu adalah timbulnya korban jiwa yang tidak sedikit jumlahnya. Penilaian bahaya atau identifikasi bahaya keselamatan kerja sangat di rekomendasikan untuk pelaksanaan proyek-proyek, tugas atau pekerjaan baru. Tujuannya adalah untuk mengantisipasi berbagai hal, seperti kemungkinan bahaya atau kondisi bahaya yang ada.

Perhatian terhadap “keselamatan” telah ada sejak berabad-abad yang lalu. Terbukti dengan ditemukannya bukti-bukti tempat tinggal untuk menghindari gangguan keselamatan dari binatang buas, cuaca buruk sekitar dan juga bencana alam setempat. Demikian pula halnya dengan perhatian manusia terhadap “keselamatan kerja”, juga telah ada sejak berabad-abad yang lalu, saat manusia telah mengenal

pekerjaan mereka ganti peralatan dan cara-cara lama dengan peralatan dan cara-cara yang lebih baru, guna menghindari atau mencegah terjadinya kecelakaan kerja. Dari waktu ke waktu, pergantian peralatan dan cara kerja itu mereka lakukan guna mendapatkan “kepastian keselamatan” diri mereka di sekitar kita, maka kita perlu melakukan “Identifikasi Bahaya /IB” (Hazard Identification / HI). Bahaya-bahaya yang ada didalam dan / atau disekitar kita harus benar-benar kita identifikasi / kenali, guna mengambil langkah-langkah yang tepat untuk mencegah atau menghindari terjadinya suatu kecelakaan. Bahaya-bahaya tsb boleh jadi ada pada diri seorang karyawan, peralatan kerja, dan / atau lingkungan kerja itu sendiri. Khusus untuk tugas-tugas berbahaya di suatu daerah kerja, maka setelah tugas-tugas berbahaya tsb teridentifikasi, maka langkah selanjutnya adalah melakukan “Analisa keselamatan Kerja /A” (Job Safety Analysis / JSA). Kegiatan ini perlu kita lakukan untuk menganalisa seberapa besar “tingkat resiko” (*Risk Level*) dari setiap urutan langkah tugas serta untuk menentukan cara pengendalian atau kegiatan yang diperlukan untuk mengatasi bahaya-bahaya yang ada pada pekerjaan tersebut untuk menjamin agar bahaya-bahaya yang ada di lingkungan kerja perusahaan, maka perusahaan harus membuat standar dimana tujuan utama diterbitkannya standar tersebut adalah :

“Untuk mendapatkan suatu sistem yang terdokumentasi guna mengidentifikasi orang telah terlatih didalam menggunakan praktek-praktek, petunjuk-petunjuk dan menganalisa seluruh bahaya (yang ada) dan untuk memastikan bahwa orang dan pelatihan-pelatihan yang benar dalam upaya mengurangi / meniadakan bahaya-bahaya tersebut”

Didalam Standar tersebut harus tercantum bahwa tanggung-tanggap selaku Penyelia (Supervisor) adalah :

1. Harus memastikan bahwa seluruh praktek, petunjuk dan pelatihan yang terdokumentasi (dengan baik) telah tersedia setiap saat bagi orang-orang yang melaksanakan tugas-tugas berbahaya.
2. Harus memastikan bahwa dokumentasi yang dibuat untuk suatu

tugas berbahaya telah diterbitkan untuk membimbing, memberi petunjuk dan melatih seluruh orang yang berhubungan dengan tugas berbahaya tersebut.

3. Harus berperan-serta didalam pembuatan praktek-praktek, petunjuk-petunjuk dan pelatihan-pelatihan terhadap tugas-tugas berbahaya yang dilaksanakan oleh para karyawan / bawahannya.

Didalam materi ini, kita hanya akan membicarakan beberapa hal utama, antara lain :

1. Batasan mengenai Bahaya dan Resiko (Definition of Hazard and Risk);
2. Jenis dan Contoh-Contoh Bahaya (Types and Examples of Hazards);
3. Metoda-Metoda Pengidentifikasian Bahaya (Methods of Identifying Hazards);
4. Matriks Bahaya dan Tingkat Resiko (Hazard Matrix and Risk Level);
5. Manajemen Resiko (Risk Management);
6. Matriks Resiko dan Tingkat Resiko (Risk Matrix and Risk Level);
7. Batasan mengenai Analisa Keselamatan Kerja (Definition of Job Safety Analysis);

IDENTIFIKASI BAHAYA (*Hazard Identification*)

A. BATASAN BAHAYA DAN RESIKO

Bahaya dan resiko sebagaimana istilah ini sudah sering kita dengar dalam program pelatihan ini (Dasar-Dasar Keselamatan), maka perlu terlebih dahulu memahami batasan pengertian bahaya dan resiko tersebut, adalah sebagai berikut :

Bahaya (Hazard) adalah sifat-sifat yang ada dan melekat pada suatu bahan / materi atau proses yang dapat mengakibatkan cidera atau kerusakan (terhadap manusia, peralatan dan / atau lingkungan).

Beberapa contoh bahaya :

1). Pada manusia

- Sifat ceroboh seorang pekerja dan sifat pemarah seorang atasan

2). Pada peralatan

- Laju kendaraan dan putaran mesin

3). Pada bahan

- Mudah terbakarnya BBM

4). Pada lingkungan

- Licinnya jalan tambang

5). Pada proses kerja

- Sulitnya penyelesaian suatu tugas tertentu.

Resiko (Risk) adalah kemungkinan (probaility) terjadinya suatu kecelakaan (cidera dan / atau kerusakan) terhadap manusia, peralatan dan / atau lingkungan yang terpapar didalam suatu bahaya.

Beberapa contoh resiko :

1). Pada manusia

- Cidera ringan, cidera berat, cidera cacat tetap, dan cidera mati

2). Pada peralatan

- Kerusakan ringan dan kerusakan berat

3). Pada bahan

- Habis terbakarnya BBM

4). Pada lingkungan

- Pencemaran lingkungan ringan dan berat / besar

5). Pada proses kerja

- Terhambatnya proses produksi.

Secara matematis, hubungan antara bahaya dan resiko tsb dapat digambarkan melalui persamaan **s** :

RESIKO (RISK) = Kemungkinan x Bahaya x Exposure

Dengan kata lain :

1). Semakin besar tingkat kemungkinan (*probability*) kita berada didalam paparan
bahaya maka semakin besar pula tingkat resiko kecelakaan yang bakal kita hadapi / derita.

2). Semakin besar tingkat keparahan (*severity*) bahaya yang ada disekitar kita maka semakin besar pula tingkat resiko kecelakaan yang bakal kita hadapi / derita.

3). Semakin besar tingkat keseringan (*frequency*) kita berada didalam paparan bahaya tersebut maka semakin besar pula tingkat resiko kecelakaan yang bakal kita hadapi / derita.

B. JENIS-JENIS DAN CONTOH-CONTOH BAHAYA

Bahaya dapat dikelompokan dalam beberapa cara dan beberapa jenis. Pengelompokan tersebut hanya untuk mempermudah kita untuk mengklasifikasikan berbagai bahaya yang ada di lingkungan kerja kita. Masing-masing pihak memiliki tujuan sendiri-sendiri atas sistem pengelompokan yang dilakukannya. Pada kesempatan ini, diperkenalkan beberapa cara pengelompokan yang dapat kita lakukan, sebagaimana yang tersaji pada bagian dibawah ini. Bila kita melihat "**Teori Domino**" Henrich, maka bahaya dapat dikelompokan atas :

1). Bahaya-Bahaya Dari Tindakan Tak Aman (Unsafe Act Hazards);
2). Bahaya-Bahaya Dari Kondisi Tak Aman (Unsafe Condition Hazards);
3). Bahaya-Bahaya Dari Faktor-Faktor Pribadi (Personal Factors Hazards);
4). Bahaya-Bahaya Dari Faktor-Faktor Tugas (Job Factors Hazards); dan
5). Bahaya-Bahaya Manajerial (Managerial Hazards).

(1) Bahaya-Bahaya Tindakan Tak Aman *(Unsafe Act Hazards)* adalah : Bahaya-bahaya yang timbul sebagai akibat dilakukannya suatu tindakan tak aman oleh seseorang (karyawan) di suatu lingkungan kerja.
Contohnya : Pengemudi yang suka ngebut di jalan angkut.

(2) Bahaya-Bahaya Kondisi Tak Aman *(Unsafe Condition Hazards)* adalah: Bahaya-bahaya yang timbul sebagai akibat adanya suatu kondisi yang tak aman di suatu lingkungan kerja.
Contohnya : Berdebunya jalan angkut.

(3) Bahaya-Bahaya Faktor Pribadi *(Personal Factor Hazards)* adalah : Bahaya-bahaya yang timbul sebagai akibat adanya faktor pribadi seseorang (karyawan / atasan) yang tidak / kurang baik (tidak / kurang aman) di suatu lingkungan kerja.
Contohnya : Pelalainya bawahan dan pemarahnya seorang atasan.

(4) Bahaya-Bahaya Faktor Tugas *(Job Factor Hazards)* adalah :

Bahaya-bahaya yang timbul sebagai akibat adanya suatu tugas yang tak aman untuk dilakukan oleh seseorang di suatu lingkungan kerja.

Contohnya : Jarang dan / atau sulitnya suatu tugas untuk dilaksanakan.

(5) Bahaya-Bahaya Manajerial *(Managerial Hazards)* adalah :

Bahaya-bahaya yang timbul sebagai akibat adanya suatu kelemahan sistem manajemen di suatu lingkungan kerja.

Contohnya : Kurang tepatnya suatu rencana kerja dan lemahnya sistem kontrol.

Bila dikaitkan dengan unsur-unsur utama sistem yang ada pada suatu lingkungan kerja, maka bahaya dapat dikelompokan atas :

1). Bahaya Manusia (Human Hazards);
2). Bahaya Peralatan (Equipment Hazards);
3). Bahaya Bahan/Materi (Material Hazards); dan
4). Bahaya Lingkungan (Environmental Hazards).

(1). Bahaya Manusiawi (*Human Hazards*) adalah :

Bahaya-bahaya yang timbul sebagai akibat adanya sifat-sifat tak aman dari manusia (karya-wan), baik terhadap dirinya sendiri atau terhadap pihak dan / atau lingkungan sekitarnya.

Contohnya : Pengemudi yang suka mabuk-mabukan.

(2). Bahaya Peralatan (*Equipment Hazards*) adalah :

Bahaya-bahaya yang timbul sebagai akibat adanya sifat-sifat tak aman dari suatu peralatan / mesin, baik terhadap dirinya sendiri atau terhadap unsur sistem lainnya.

Contohnya : Sifat aus yang ada pada suatu peralatan / mesin.

(3). Bahaya Bahan (*Material Hazards*) adalah :

Bahaya-bahaya yang timbul sebagai akibat adanya sifat-sifat tak aman dari suatu peralatan / mesin, baik terhadap dirinya sendiri atau terhadap unsur sistem lainnya.

Contohnya : Sifat racun dari suatu bahan.

(4). Bahaya Lingkungan (*Enviromental Hazards*) adalah :

Bahaya-bahaya yang timbul sebagai akibat adanya sifat-sifat tak aman dari suatu lingkungan tertentu, baik terhadap dirinya sendiri atau terhadap unsur sistem lainnya.

Contohnya : Mudah longsornya tebing tambang batubara.

Ada juga mengklasifikasikan bahaya kedalam beberapa jenis :

1). Bahaya-Bahaya Fisik (*Physical Hazards*);

2). Bahaya-Bahaya Biologi (*Biological Hazards*);

3). Bahaya-Bahaya Kimia (*Chemical Hazards*);

4). Bahaya-Bahaya Psikologis (*Psychological Hazards)*; dan

5). Bahaya-Bahaya Ergonomik (*Ergonomical Hazards*).

(1). Bahaya-Bahaya Fisik (*Physical Hazards*) adalah :

Bahaya-bahaya yang berhubungan dengan sifat fisik suatu benda yang memiliki resiko (berpotensi) menimbulkan suatu kecelakaan (cidera / kerusakan).

Contohnya : Kebisingan, getaran, tekanan, panas dan dingin.

(2). Bahaya-Bahaya Biologi (*Biological Hazards*) adalah :

Bahaya-bahaya yang berhubungan dengan sifat-sifat biologis dari suatu mahluk hidup yang memiliki resiko (berpotensi) menimbulkan suatu cidera / kerusakan, terutama terjangkitnya suatu penyakit. Umumnya berasal dari infeksi dan reaksi alergi. Bahaya-bahaya jenis ini lebih banyak berhubungan dengan Kesehatan Kerja (Ingat KKLK).

Contohnya : Virus, Bakteri, Jamur, dan organisma lainnya.

(3). Bahaya-Bahaya Kimia (*Chemical Hazards*) adalah :

Bahaya-bahaya yang berhubungan dengan sifat kimia dari suatu benda yang memiliki resiko (berpotensi) menimbulkan suatu kecelakaan (cidera, gangguan kesehatan atau kerusakan).

Contohnya: Sifat racun, mudah terbakar, mudah meledak, mudah karat &

mudah teroksidasi.

(4). Bahaya-Bahaya Psikologis (*Psychological Hazards*) adalah :

Bahaya-bahaya yang berhubungan dengan sifat psikologis yang dimiliki suatu makhluk hidup (dalam hal ini karyawan) yang memiliki resiko (berpotensi) menimbulkan suatu kecelakaan.

Contohnya : Sifat pemarah, pendiam, pemberani, penakut, tegang, terlalu rajin, pemalas, terlalu bersemangat, tak bersemangat, mudah menolak, mudah menerima, dll.

(5). Bahaya-Bahaya Ergonomik (*Ergonomical Hazards*) adalah :

Bahaya-bahaya yang berhubungan dengan pengaruh jelek ergonomik dari peralatan atau lingkungan kerja terhadap diri seseorang (karyawan) dan memiliki resiko (berpotensi) menimbulkan suatu kecelakaan (cidera, gangguan kesehatan atau kerusakan).

Contohnya : Penanganan manual yang tidak tepat, tata-letak ruang kerja yang salah, dll.

C. METODA-METODA PENGIDENTIFIKASIAN BAHAYA

Pada dasarnya kita selama ini telah melakukan beberapa kegiatan pengidentifikasian bahaya yang ada didalam atau disekitar lingkungan kerja kita, misalkan melalui kegiatan-kegiatan :

1. Observasi (*Observation*);
2. Pengecekan (*Checking*);
3. Inspeksi (*Inspection*);
4. Pengauditan (*Auditing*);
5. Survei Keselamatan (*Safety Survey*); dan
6. Pengidentifikasian Bahaya Secara Resmi (*Identifying Hazards - Formally*).

C.1. Observasi (Oservation) adalah kegiatan peninjauan umum dan tidak mendalam atas suatu daerah atau proses kerja. Pada saat dilakukan observasi daerah atau proses kerja tsb, kita secara langsung dapat memperhatikan atau mengidentifikasi bahaya-bahaya yang ada di daerah kerja tsb.

Contoh : Observasi sewaktu-waktu (*Unschedule Observation*) yang dilakukan oleh seorang Manajer / Kepala Departemen / Penyelia terhadap situasi dan/atau kondisi yang menjadi tanggung-jawabnya.

C.2. Pengecekan (*Checking*) adalah kegiatan pengamatan tertentu secara lebih mendalam atas suatu benda (peralatan dan bahan). Pengecekan ini biasanya dilengkapi dengan daftar-cek (*check-list*) tertentu, yang berisi bagian-bagian yang perlu dicek. Pada saat dilakukan pengecekan atas objek yang tengah dicek tersebut, kita secara langsung dapat memperhatikan atau mengidentifikasi bahaya-bahaya yang ada pada objek tersebut.

Contoh : Pengecekan awal sebelum mulai operasi (*Pre-Start Check*) atas peralatan yang akan dioperasikan.

C.3. Inspeksi (*Inspection*) adalah kegiatan pengamatan umum, mendalam dan berkala atas suatu objek atau daerah yang sedang diinspeksi. Pada saat dilakukan inspeksi atas objek atau daerah kerja tersebut, kita secara langsung dapat memperhatikan atau mengidentifikasi bahaya-bahaya yang ada pada objek atau di daerah kerja tersebut.

Contoh : inspeksi Bulanan Daerah Kerja (*Work Area Monthly Inspection*) dan Inspeksi Tiga Bulanan Alat Pemadam Kebakaran (*Fire Extinguisher*) pengecekan awal sebelum mulai operasi (*Pre-Start Check*) atas peralatan yang dioperasikan.

C.4. Pengauditan (*Auditing*) adalah kegiatan pengamatan umum, menyeluruh mendalam dan berkala atas suatu objek, daerah atau proses kerja dan membandingkannya dengan standar tertentu, guna menilai dan memberikan rekomendasi-rekomendasi perbaikannya. Pada saat dilakukan pengauditan tersebut, kita secara langsung dapat memperhatikan atau mengidentifikasi bahaya-bahaya yg ada pada objek, daerah atau proses kerja tersebut.

Contoh : Inspeksi Bulanan Daerah Kerja (*Work Area Monthly Inspection*) dan Inspeksi Tiga Bulanan Alat Pemadam Kebakaran (*Fire Extinguisher*) pengecekan awal sebelum mulai operasi (*Pre-Start Check*) atas peralatan yg dioperasikan.

C.5. Survei Keselamatan (*Safety Survey*) adalah kegiatan pengamatan khusus, pada suatu objek tertentu, mendalam dan menggunakan peralatan tertentu pada suatu daerah kerja untuk melihat potensi bahaya tertentu di daerah kerja tersebut. Sebuah survei biasanya

dilakukan oleh seorang ahli yang mendalami bidang atau objek yang disurveinya. Didalam laporan hasil survei, ahli survei keselamatan tersebut juga akan menyampaikan beberapa rekomendasi untuk mengatasi objek bahaya yang telah disurveinya tersebut. Contoh : Survei kebisingan, survei cahaya, survei debu, survei ventilasi, dll.

C.6. Pengidentifikasian Bahaya Pekerjaan - Secara Resmi (Identifying Job Hazards - Formally) adalah kegiatan pengamatan khusus, menyeluruh, dan mendalam atas bahaya-bahaya yang berhubungan dengan suatu pekerjaan yang ada di suatu lingkungan daerah kerja. Biasanya sebuah tim khusus secara resmi dibentuk untuk secara khusus pula melakukan pengidentifikasian bahaya-bahaya yang berhubungan dengan suatu pekerjaan ada di suatu lingkungan daerah kerja tertentu yang telah ditetapkan, guna ditindak lanjuti untuk memastikan bahwa resiko kecelakaan dari bahaya tersebut tidak akan terjadi.

Contoh : Pengidentifikasian bahaya pekerjaan di daerah tambang, di jalan angkut, di administrasi perkantoran dan di bengkel.

D. MANAJEMEN RESIKO (*RISK MANAGEMENT*)

Untuk dapat mengelola suatu bahaya / resiko dengan aman agar tidak menyebabkan timbulnya suatu kecelakaan, maka ada beberapa hal yang perlu dilakukan, yakni :

1. Setiap bahaya perlu diidentifikasi atau dikenali.
2. Setiap bahaya yang telah diidentifikasi tersebut perlu dianalisa untuk mengetahui tingkat resiko (risk level) nya.
3. Selanjutnya bahaya yang telah teridentifikasi dan teranalisa tersebut (selanjutnya disebut resiko) perlu dievaluasi untuk menetapkan apakah resiko tersebut dapat diterima atau tidak, dengan cara membandingkannya dengan kriteria-kriteria yang berlaku di standar perusahaan, peraturan pemerintah dan hukum negara serta hukum internasional.
4. Akhirnya resiko yang tidak dapat diterima tersebut perlu dikendalikan atau dikontrol guna mencegah timbulnya kecelakaan.

Keempat upaya utama untuk mengelola bahaya / resiko tersebut dikenal

sebagai "**Manajemen Resiko**" (*Risk Management*).

Manajemen Resiko adalah suatu proses manajemen KKLK yang bertujuan untuk meminimalkan resiko kecelakaan atau bahkan untuk menghilangkannya sama
sekali.

Upaya lanjutan yang juga perlu kita lakukan agar bahaya / resiko yang telah kita
kendali-kan / kontrol tersebut tidak muncul kembali adalah dengan memonitor dan mengkaji-ulang bahaya / resiko yang ada di lingkungan daerah kerja kita. Kegiatan menganalisa dan mengevaluasi suatu resiko disebut sebagai "penilaian resiko" (*Risk Assessment*)

Menganalisa Resiko

Risk Analysis dapat didefinisikan sebagai proses untuk menentukan kemungkinan
kemungkinan dari kejadian yang tidak diinginkan, yang dapat menimbulkan cedera atau kerugian. Didalam melakukan tindakan-tindakan penanggulangan diantaranya dengan menganalisa berapa nilai resiko

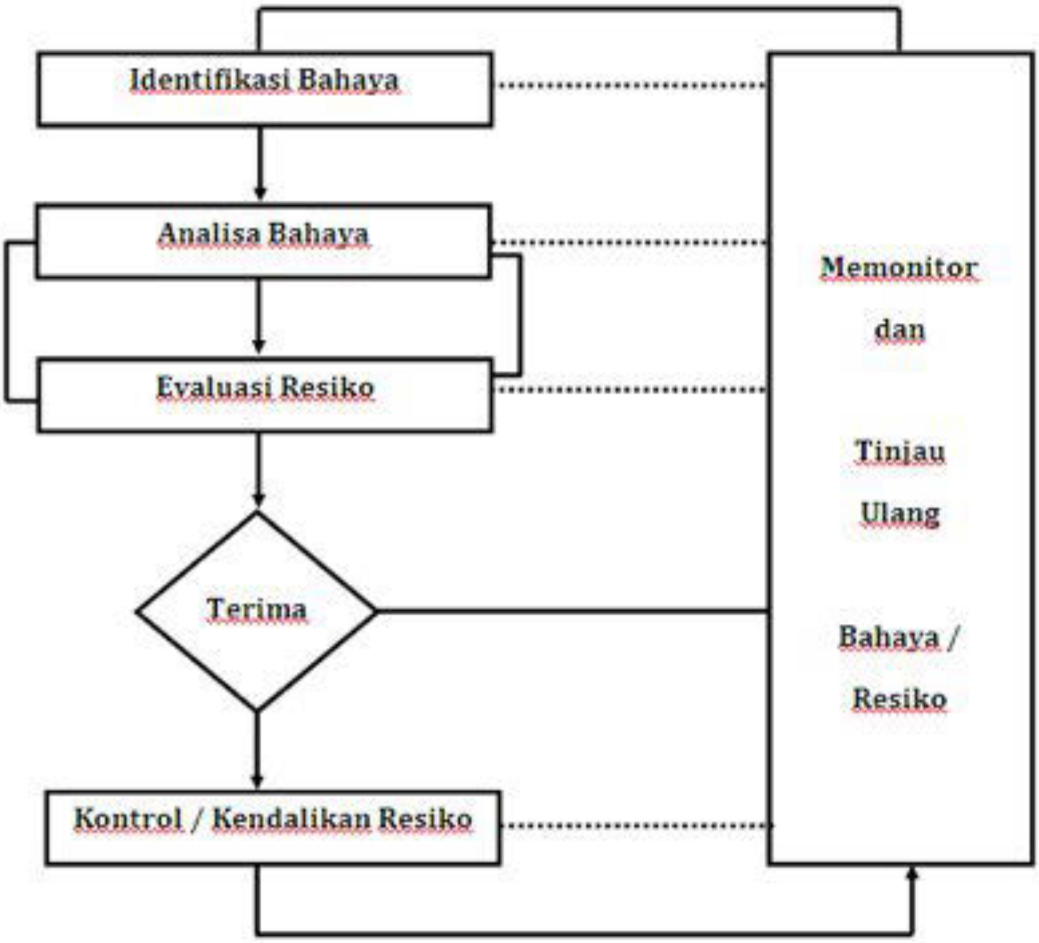
NILAI RESIKO = **Frequency X Exposure X Consequency**

- Kemungkinan kecelakaan dapat terjadi (*Likelihood / Frequency*)
- Tingkat pemaparan (*Exposure*)
- Akibat dari kecelakaan terjadi (*Consequence*)

Ketiga factor inilah yang harus dianalisa :

- Kemungkinan kecelakaan dapat terjadi
  Beberapa kemungkinan terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan
- Tingkat pemaparan
  Seberapa sering melakukan aktivitas / pekerjaan tersebut
- Konsekwensi, akibat dari kecelakaan yang diperkirakan akan terjadi

Gambar diagram-arus dibawah ini memperlihatkan "**Proses Manajemen Resiko**" (*Risk Management Process*) yang perlu dilakukan untuk mencegah atau menghin dari kecelakaan.



Gambar 4.14 Diagram Arus

D.1. Identifikasi Bahaya (Hazard Identification) harus dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi-kondisi dan kejadian-kejadian yang kemungkinan dapat menimbulkan resiko kecelakaan serta jenis dan tingkat keparahan kecelakaan yang dapat ditimbulkannya. Atau dengan kata lain, kita harus memperhatikan apa yang dapat terjadi (what can happen) dan bagaimana ia dapat terjadi (how it can happen).

D.2. Analisa Bahaya (Hazard Analysis) adalah upaya untuk menganalisa Bahaya-bahaya yang telah teridentifikasi secara ilmiah (objektif dan sistimatik). Hasil analisa tersebut berupa "Tingkat Resiko" (Risk Level) yang dapat dipergunakan sebagai bahan kajian untuk menetapkan skala prioritas dari penanganan selanjutnya dari bahaya / resiko tersebut. Dimana bahaya-bahaya dengan tingkat resiko tinggi sudah barang tentu umumnya akan mendapat-kan skala prioritas penangan yang lebih tinggi untuk dengan segera diselesaikan, termasuk pembuatan prosedur kerja yang diperlukan.

D.3. Evaluasi Resiko (Risk Evaluation) dimaksudkan untuk mengevaluasi ahaya-ahaya / resiko-resiko mana saja yang perlu benar-benar diprioritaskan untuk dilakukan tindakan pengamanannya. Walaupun bahaya-bahaya beresiko tinggi yang umumnya mendapat prioritas penyelesaian, namun tidak tertutup kemungkinan terjadi adanya beberapa bahaya dengan tingkat resiko rendah yang perlu diprioritaskan. Hal ini berkaitan dengan ketersediaan dana untuk penanganannya, tuntutan sosial dan tuntutan hukum yang ada. Hasil dari kajian resiko ini berupa penetapan "Resiko-Resiko yang Dapat Diterima" (Acceptale Risks) dan "Resiko-Resiko yang Tidak Dapat Diterima" (Un-Aceptale Risks).

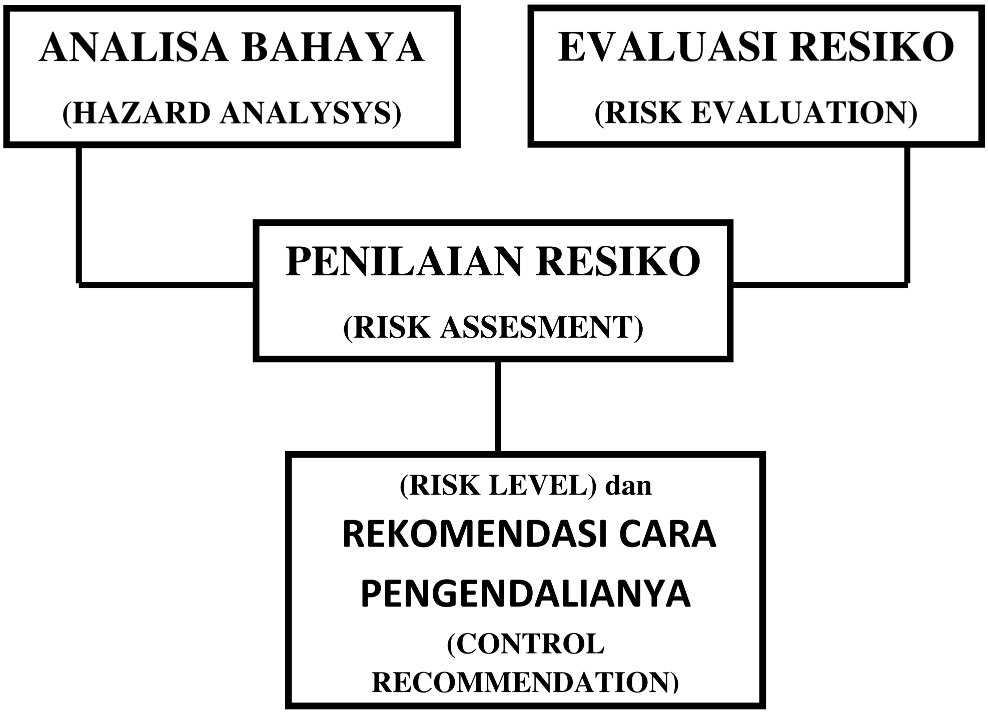
D.4. Kontrol / Kendalikan Resiko (Risk Control) dimaksudkan untuk mencegah perubahnya Resiko / Potensi Kecelakaan (Accident Potential / Risk) menjadi Kecelakaan Nyata (Accident Actual). Upaya-upaya pengendalian / pengontrolan atas resiko-resiko yang ada ini seharusnya dilakukan melalui "Urutan Pengendalian Resiko" (Hierarchy of Risk Control). Hal ini akan diahas pada anak judul selanjutnya.

D.5. Monitor dan Tinjau-Ulang Bahaya / Resiko dimaksudkan untuk memastikan secara terus menerus tidak timbulnya resiko kecelakaan di suatu daerah kerja

E. METODA-METODA PENETAPAN TINGKAT RESIKO

Sebagaimana telah disebutkan; Setelah suatu bahaya teridentifikasi, maka langkah selanjutnya adalah menganalisa bahaya-bahaya yang telah teridentifikasi tersebut sehingga bisa diketahui "tingkat resiko" (*Risk Level*)-nya.

Langkah selanjutnya adalah mengevaluasi bahaya / resiko yang ada, guna ditetapkan metoda pengendalian yang akan dipakai serta ditetapkan skala prioritasnya. Kedua langkah ini langkah ini disebut "Penilaian Resiko" (*Risk Assessment*). Secara grafis ia dapat dinyatakan/digambarkan s :



Gambar 4.15 : Penilaian Resiko (Risk Assesment)

"Risk assessment is analysing risks and deciding how important they are. Ranking risks is one small part of this. The most important part of it is finding out the risks so they can be reduced".

Ada beberapa metoda yang dapat kita lakukan untuk melakukan penilaian

resiko tersebut :

1. Metoda Matriks (Matrix Method); dan
2. Metoda Tabel Fine (*Fine Table Method*).

E.1. Metoda Matriks (*Matrix Method*) adalah metoda / cara untuk menetapkan tingkat nilai dari suatu resiko dengan menggunakan alat bantu "matriks".

Metoda ini masih dapat diklasifikasikan lagi kedalam :

E.1.1. Metoda Matriks Berukuran 3 X 3

E.1.2. Metoda Matriks Berukuran 4 X 4

E.1.3. Metoda Matriks Berukuran 6 X 6

E.2. Metoda Tabel Fine (Fine Tale Method) adalah metoda / cara untuk menetapkan tingkat nilai dari suatu resiko dengan menggunakan alat bantu "tabel". Metoda ini pertama kali dipublikasikan oleh Fine dalam tahun 1971.

Contoh Kasus :

Berdasarkan hasil pencatatan kecelakaan (*accident record*) diketahui bahwa sebagian besar kecelakaan lalu-lintas di jalan angkut setempat disebabkan oleh kantuknya pengemudi truk dan berdebunya jalan angkut di lokasi kerja tersebut. Kita diminta untuk melakukan penilaian terhadap kedua resiko terjadinya kecelakaan tersebut, dengan jalan menetapkan tingkat resikonya dan membuat skala prioritas atas kedua resiko tersebut.

c. Rangkuman

Penilaian bahaya atau identifikasi bahaya keselamatan kerja sangat di rekomendasikan untuk pelaksanaan proyek-proyek, tugas atau pekerjaan baru.

Tujuannya adalah untuk mengantisipasi berbagai hal, seperti kemungkinan bahaya atau kondisi bahaya yang ada.

Bahaya (Hazard) adalah sifat-sifat yang ada dan melekat pada suatu bahan / materi atau proses yang dapat mengakibatkan cidera atau

kerusakan (terhadap manusia, peralatan dan / atau lingkungan).

Beberapa contoh bahaya :

1. Pada manusia

   Sifat ceroboh seorang pekerja dan sifat pemarah seorang atasan
2. Pada peralatan

   Laju kendaraan dan putaran mesin
3. Pada bahan

   Mudah terbakarnya BBM
4. Pada lingkungan

   Licinnya jalan tambang
5. Pada proses kerja

   Sulitnya penyelesaian suatu tugas tertentu.

Resiko (Risk) adalah kemungkinan (probaility) terjadinya suatu kecelakaan (cidera dan / atau kerusakan) terhadap manusia, peralatan dan / atau lingkungan yang terpapar didalam suatu bahaya.

Beberapa contoh resiko :

1. Pada manusia

   Cidera ringan, cidera berat, cidera cacat tetap, dan cidera mati
2. Pada peralatan

   Kerusakan ringan dan kerusakan berat
3. Pada bahan

   Habis terbakarnya BBM
4. Pada lingkungan

   Pencemaran lingkungan ringan dan berat / besar
5. Pada proses kerja

   Terhambatnya proses produksi.

Bahaya dapat dikelompokan dalam beberapa cara dan beberapa jenis. Pengelompokan tersebut hanya untuk mempermudah kita untuk mengklasifikasikan berbagai bahaya yang ada di lingkungan kerja kita. Bila kita melihat “**Teori Domino**” Heinrich, maka bahaya dapat dikelompokan atas :

1. Bahaya-Bahaya Dari Tindakan Tak Aman (Unsafe Act Hazards);
2. Bahaya-Bahaya Dari Kondisi Tak Aman (Unsafe Condition Hazards);
3. Bahaya-Bahaya Dari Faktor-Faktor Pribadi (Personal Factors Hazards);
4. Bahaya-Bahaya Dari Faktor-Faktor Tugas (Job Factors Hazards);
5. Bahaya-Bahaya Manajerial (Managerial Hazards).
6. Bahaya-Bahaya Dari Faktor-Faktor Tugas (Job Factors Hazards); da
7. Bahaya-Bahaya Manajerial (Managerial Hazards).

B. Kegiataan Belajar 6

1.. Kegiataan Belajar 6. Penyakit Akibat Kerja

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari modul Pembelajaran 6 ini, siswa diharapkan :

1. Memahami kepres tentang penyakit yang timbul karena hubungan kerja
2. Mampu mengklasifikasikan penyakit akibat kerja.
3. Memahami cara pencegahan penyakit akibat kerja
4. Memahami cara merawat dan mengobati penyakit akibat kerja

b. Uraian Materi

Definisi

Penyakit Akibat Kerja adalah penyakit yang mempunyai penyebab yang spesifik atau asosiasi yang kuat dengan pekerjaan, pada umumnya terdiri dari satu agen penyebab, harus ada hubungan sebab akibat antara proses penyakit dan hazard di tempat kerja. Faktor Lingkungan kerja sangat berpengaruh dan berperan sebagai penyebab timbulnya Penyakit Akibat Kerja. Sebagai contoh antara lain debu silika dan Silikosis, uap timah dan keracunan timah. Akan tetapi penyebab terjadinya akibat kesalahan faktor manusia juga (WHO).

Berbeda dengan Penyakit Akibat Kerja, Penyakit Akibat Hubungan Kerja (PAHK) sangat luas ruang lingkupnya. Menurut Komite Ahli WHO (1973), Penyakit Akibat Hubungan Kerja adalah ? penyakit dengan penyebab multifaktorial, dengan kemungkinan besar berhubungan dengan pekerjaan dan kondisi tempat kerja. Pajanan

di tempat kerja tersebut memperberat, mempercepat terjadinya serta menyebabkan kekambuhan penyakit.

Penyakit akibat kerja umumnya berkaitan dengan faktor biologis (kuman patogen yang berasal umumnya dari pasien); faktor kimia (pemaparan dalam dosis kecil namun terus menerus seperti antiseptik pada kulit, zat kimia/solvent yang menyebabkan kerusakan hati; faktor ergonomi (cara duduk salah, cara mengangkat pasien salah); faktor fisik dalam dosis kecil yang terus menerus (panas pada kulit, tegangan tinggi, radiasi dll.); faktor psikologis (ketegangan di kamar penerimaan pasien, gawat darurat, karantina dll.)

Pada simposium internasional mengenai penyakit akibat hubungan pekerjaan yang diselenggarakan oleh ILO (*International Labour Organization*) di Linz, Austria, dihasilkan definisi menyangkut PAK sebagai berikut:

a. **Penyakit Akibat Kerja (*Occupational Disease*)**
   adalah penyakit yang mempunyai penyebab yang spesifik atau asosiasi yang kuat dengan pekerjaan, yang pada umumnya terdiri dari satu agen penyebab yang sudah diakui.
b. **Penyakit yang Berhubungan dengan Pekerjaan (*Work Related Disease)***
   adalah penyakit yang mempunyai beberapa agen penyebab, dimana faktor pekerjaan memegang peranan bersama dengan faktor risiko lainnya dalam berkembangnya penyakit yang mempunyai etiologi kompleks**.**
c. **Penyakit yang Mengenai Populasi Kerja (*Disease of Fecting Working Populations)***
   adalah penyakit yang terjadi pada populasi pekerja tanpa adanya agen penyebab ditempat kerja, namun dapat diperberat oleh kondisi pekerjaan yang buruk bagi kesehatan

Menurut Cherry, 1999 “ *An occupational disease may be defined simply as one that is caused , or made worse , by exposure at work..*

Di sini menggambarkan bahwa secara sederhana sesuatu yang disebabkan , atau diperburuk , oleh pajanan di tempat kerja . Atau , " *An occupational disease is health problem caused by exposure to a workplace hazard* " (Workplace Safety and Insurance Board, 2005), Sedangkan dari definisi kedua tersebut, penyakit akibat kerja adalah suatu masalah Kesehatan yang disebabkan oleh pajanan berbahaya di tempat kerja.

Dalam hal ini , pajanan berbahaya yang dimaksud oleh *Work place Safety and Insurance Board (2005) antara lain :*

a. Debu , gas , atau asap
b. Suara / kebisingan *(noise*)
c. Bahan toksik (racun)
d. Getaran (*vibration*)
e. Radiasi
f. Infeksi kuman atau dingin yang ekstrem
g. Tekanan udara tinggi atau rendah yang ekstrem

Menurut Keputusan Presiden Nomor 22 tahun 1993 tertanggal 27 Februari 1993, Penyakit yang timbul akibat hubungan kerja adalah penyakit yang disebabkan oleh pekerjaan atau lingkungan kerja (pasal 1). Keputusan Presiden tersebut melampirkan Daftar Penyakit yang diantaranya yang berkaitan dengan pulmonologi termasuk pneumokoniosis dan silikotuberkulosis, penyakit paru dan saluran nafas akibat debu logam keras, penyakit paru dan saluran nafas akibat debu kapas, vals, henep dan sisal (bissinosis), asma akibat kerja, dan alveolitis alergika.

Pasal 2 Keputusan Presiden tersebut menyatakan bahwa mereka yang menderita penyakit yang timbul karena hubungan kerja berhak memperoleh jaminan kecelakaan kerja.

Keputusan Presiden tersebut merujuk kepada Undang-Undang RI No 3 tahun 1992 tentang Jaminan Sosial Tenaga Kerja, yang pasal

1 nya menyatakan bahwa kecelakaan kerja adalah kecelakaan yang terjadi berhubung dengan hubungan kerja, termasuk penyakit yg timbul karena hub kerja, demikian pula kecelakaan yang terjadi dalam perjalanan berangkat dari rumah menuju tempat kerja, dan pulang kerumah melalui jalan yg biasa atau wajar dilalui.

1. KEPUTUSAN PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA TENTANG PENYAKIT YANG TIMBUL KARENA HUBUNGAN KERJA (PENYAKIT AKIBAT KERJA)

Pasal 1

Penyakit yang timbul karena hubungan kerja adalah penyakit yang disebabkan oleh pekerjaan atau lingkungan kerja

Pasal 2

Setiap tenaga kerja yang menderita penyakit yang timbul karena hubungan kerja berhak mendapat jaminan Kecelakaan Kerja baik pada saat masih dalam hubungan kerja maupun setelah hubungan kerja berakhir

Pasal 3

(6) Hak atas Jaminan Kecelakaan Kerja bagi tenaga kerja yang hubungan kerjanya telah berakhir sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 diberikan, apabila menurut hasil diagnosis dokter yang merawat penyakit tersebut diakibatkan oleh pekerjaan selama tenaga kerja yang

(7) bersangkutan masih dalam hubungan kerja.

(8) Hak jaminan kecelakaan kerja sebagaimana dimaksud dalam ayat 1 diberikan, apabila penyakit tersebut timbul dalam waktu paling lama 3 (tiga) tahun terhitung sejak hubungan kerja tersebut berakhir.

Pasal 4

Penyakit yang timbul karena hubungan kerja sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1, sebagaimana tercantum dalam Lampiran

Keputusan Presiden ini.

2. **Klasifikasi penyakit akibat kerja**

Dalam melakukan tugasnya di perusahaan seseorang atau sekelompok pekerja berisiko mendapatkan kecelakaan atau penyakit akibat kerja.

WHO membedakan empat kategori Penyakit Akibat Kerja, yaitu:

1) Penyakit yang hanya disebabkan oleh pekerjaan, misalnya Pneumoconiosis.
2) Penyakit yang salah satu penyebabnya adalah pekerjaan, misalnya Karsinoma Bronkhogenik.
3) Penyakit dengan pekerjaan merupakan salah satu penyebab di antara faktor-faktor penyebab lainnya, misalnya Bronkhitis khronis.
4) Penyakit dimana pekerjaan memperberat suatu kondisi yang sudah ada sebelumnya, misalnya asma.

Beberapa jenis penyakit *pneumoconiosis* yang banyak dijumpai di daerah yang memiliki banyak kegiatan industri dan teknologi, yaitu:

a. Penyakit Silikosis

Penyakit Silikosis disebabkan oleh pencemaran debu silika bebas, berupa SiO2 yang terhisap masuk ke dalam paru-paru dan kemudian mengendap. Debu silika bebas ini banyak terdapat di pabrik besi dan baja, keramik, pengecoran beton, bengkel yang mengerjakan besi (mengikir, menggerinda, dll). Selain dari itu, debu silika juka banyak terdapat di tempat di tempat penampang bijih besi, timah putih dan tambang batubara.

Pemakaian batubara sebagai bahan bakar juga banyak menghasilkan debu silika bebas SiO2. Pada saat dibakar,

debu silika akan keluar dan terdispersi ke udara bersama – sama dengan partikel lainnya, seperti debu alumina, oksida besi dan karbon dalam bentuk abu.

Debu silika yang masuk ke dalam paru-paru akan mengalami masa inkubasi sekitar 2 sampai 4 tahun. Masa inkubasi ini akan lebih pendek, atau gejala penyakit silicosis akan segera tampak, apabila konsentrasi silika di udara cukup tinggi dan terhisap ke paru-paru dalam jumlah banyak. Penyakit silicosis ditandai dengan sesak nafas yang disertai batuk-batuk. Batuk ini seringkali tidak disertai dengan dahak. Pada silicosis tingkah sedang, gejala sesak nafas yang disertai terlihat dan pada pemeriksaan fototoraks kelainan paru-parunya mudah sekali diamati.

Bila penyakit silicosis sudah berat maka sesak nafas akan semakin parah dan kemudian diikuti dengan hipertropi jantung sebelah kanan yang akan mengakibatkan kegagalan kerja jantung.

Tempat kerja yang potensial untuk tercemari oleh debu silika perlu mendapatkan pengawasan keselamatan dan kesehatan kerja dan lingkungan yang ketat sebab penyakit silicosis ini belum ada obatnya yang tepat. Tindakan preventif lebih penting dan berarti dibandingkan dengan tindakan pengobatannya. Penyakit silicosis akan lebih buruk kalau penderita sebelumnya juga sudah menderita penyakit TBC paru-paru, bronchitis, astma broonchiale dan penyakit saluran pernapasan lainnya.

Pengawasan dan pemeriksaan kesehatan secara berkala bagi pekerja akan sangat membantu pencegahan dan penanggulangan penyakit-penyakit akibat kerja. Data kesehatan pekerja sebelum masuk kerja, selama bekerja dan

sesudah bekerja perlu dicatat untuk pemantulan riwayat penyakit pekerja kalau sewaktu – waktu diperlukan.

b. Penyakit Asbestosis

Penyakit Asbestosis adalah penyakit akibat kerja yang disebabkan oleh debu atau serat asbes yang mencemari udara. Asbes adalah campuran dari berbagai macam silikat, namun yang paling utama adalah Magnesium silikat. Debu asbes banyak dijumpai pada pabrik dan industri yang menggunakan asbes, pabrik pemintalan serat asbes, pabrik beratap asbes dan lain sebagainya.

Debu asbes yang terhirup masuk ke dalam paru-paru akan mengakibatkan gejala sesak napas dan batuk-batuk yang disertai dengan dahak. Ujung-ujung jari penderitanya akan tampak membesar / melebar. Apabila dilakukan pemeriksaan pada dahak maka akan tampak adanya debu asbes dalam dahak tersebut. Pemakaian asbes untuk berbagai macam keperluan kiranya perlu diikuti dengan kesadaran akan keselamatan dan kesehatan lingkungan agar jangan sampai mengakibatkan asbestosis ini.

c. Penyakit Bisinosis

Penyakit Bisinosis adalah penyakit pneumoconiosis yang disebabkan oleh pencemaran debu napas atau serat kapas di udara yang kemudian terhisap ke dalam paru-paru. Debu kapas atau serat kapas ini banyak dijumpai pada pabrik pemintalan kapas, pabrik tekstil, perusahaan dan pergudangan kapas serta pabrik atau bekerja lain yang menggunakan kapas atau tekstil; seperti tempat pembuatan kasur, pembuatan jok kursi dan lain sebagainya.

Masa inkubasi penyakit bisinosis cukup lama, yaitu sekitar 5 tahun. Tanda-tanda awal penyakit bisinosis ini berupa sesak napas, terasa berat pada dada, terutama pada hari Senin

(yaitu hari awal kerja pada setiap minggu). Secara psikis setiap hari Senin bekerja yang menderita penyakit bisinosis merasakan beban berat pada dada serta sesak nafas. Reaksi alergi akibat adanya kapas yang masuk ke dalam saluran pernapasan juga merupakan gejala awal bisinosis. Pada bisinosis yang sudah lanjut atau berat, penyakit tersebut biasanya juga diikuti dengan penyakit bronchitis kronis dan mungkin juga disertai dengan emphysema.

d. Penyakit Antrakosis

Penyakit Antrakosis adalah penyakit saluran pernapasan yang disebabkan oleh debu batu bara. Penyakit ini biasanya dijumpai pada pekerja-pekerja tambang batubara atau pada pekerja-pekerja yang banyak melibatkan penggunaan batubara, seperti pengumpa batubara pada tanur besi, lokomotif (stoker) dan juga pada kapal laut bertenaga batubara, serta pekerja boiler pada pusat Listrik Tenaga Uap berbahan bakar batubara.

Masa inkubasi penyakit ini antara 2 – 4 tahun. Seperti halnya penyakit silicosis dan juga penyakit-penyakit pneumokonisosi lainnya, penyakit antrakosis juga ditandai dengan adanya rasa sesak napas. Karena pada debu batubara terkadang juga terdapat debu silikat maka penyakit antrakosis juga sering disertai dengan penyakit silicosis. Bila hal ini terjadi maka penyakitnya disebut silikoantrakosis. Penyakit antrakosis ada tiga macam, yaitu penyakit antrakosis murni, penyakit silikoantraksosis dan penyakit tuberkolosilikoantrakosis.

Penyakit antrakosis murni disebabkan debu batubara. Penyakit ini memerlukan waktu yang cukup lama untuk menjadi berat, dan relatif tidak begitu berbahaya. Penyakit antrakosis menjadi berat bila disertai dengan komplikasi atau emphysema yang memungkinkan terjadinya kematian. Kalau

terjadi emphysema maka antrakosis murni lebih berat daripada silikoantraksosis yang relatif jarang diikuti oleh emphysema. Sebenarnya antara antrakosis murni dan silikoantraksosi sulit dibedakan, kecuali dari sumber penyebabnya. Sedangkan paenyakit tuberkolosilikoantrakosis lebih mudah dibedakan dengan kedua penyakit antrakosis lainnya. Perbedaan ini mudah dilihat dari fototorak yang menunjukkan kelainan pada paru-paru akibat adanya debu batubara dan debu silikat, serta juga adanya baksil tuberculosis yang menyerang paru-paru.

e. Penyakit Beriliosis

Udara yang tercemar oleh debu logam berilium, baik yang berupa logam murni, oksida, sulfat, maupun dalam bentuk halogenida, dapat menyebabkan penyakit saluran pernapasan yang disebut beriliosis. Debu logam tersebut dapat menyebabkan nasoparingtis, bronchitis dan pneumonitis yang ditandai dengan gejala sedikit demam, batuk kering dan sesak napas. Penyakit beriliosis dapat timbul pada pekerja-pekerja industri yang menggunakan logam campuran berilium, tembaga, pekerja pada pabrik fluoresen, pabrik pembuatan tabung radio dan juga pada pekerja pengolahan bahan penunjang industri nuklir.

Selain dari itu, pekerja-pekerja yang banyak menggunakan seng (dalam bentuk silikat) dan juga mangan, dapat juga menyebabkan penyakit beriliosis yang tertunda atau delayed berryliosis yang disebut juga dengan beriliosis kronis. Efek tertunda ini bisa berselang 5 tahun setelah berhenti menghirup udara yang tercemar oleh debu logam tersebut. Jadi lima tahun setelah pekerja tersebut tidak lagi berada di lingkungan yang mengandung debu logam tersebut, penyakit beriliosis mungkin saja timbul. Penyakit ini ditandai dengan gejala mudah lelah, berat badan yang menurun dan sesak

napas. Oleh karena itu pemeriksaan kesehatan secara berkala bagi pekerja-pekerja yang terlibat dengan pekerja yang menggunakan logam tersebut perlu dilaksanakan terus – menerus.

3. Penyakit Akibat Kerja

Adapun beberapa penyakit akibat kerja, antara lain:

a. Penyakit Saluran Pernafasan

PAK pada saluran pernafasan dapat bersifat akut maupun kronis. Akut misalnya asma akibat kerja. Sering didiagnosis sebagai tracheobronchitis akut atau karena virus. Kronis, missal: asbestosis. Seperti gejala *Chronic Obstructive Pulmonary Disease* (COPD). Edema paru akut. Dapat disebabkan oleh bahan kimia seperti nitrogen oksida.

b. Penyakit Kulit

Pada umumnya tidak spesifik, menyusahkan, tidak mengancam kehidupan, kadang sembuh sendiri. Dermatitis kontak yang dilaporkan, 90% merupakan penyakit kulit yang berhubungan dengan pekerjaan. Penting riwayat pekerjaan dalam mengidentifikasi iritan yang merupakan penyebab, membuat peka atau karena faktor lain.

c. Kerusakan Pendengaran

Banyak kasus gangguan pendengaran menunjukan akibat pajanan kebisingan yang lama, ada beberapa kasus bukan karena pekerjaan. Riwayat pekerjaan secara detail sebaiknya didapatkan dari setiap orang dengan gangguan pendengaran. Dibuat rekomendasi tentang pencegahan terjadinya hilangnya pendengaran.

d. Gejala pada Punggung dan Sendi

Tidak ada tes atau prosedur yang dapat membedakan penyakit pada punggung yang berhubungan dengan pekerjaan daripada yang tidak berhubungan dengan pekerjaan. Penentuan kemungkinan bergantung pada

riwayat pekerjaan. Artritis dan tenosynovitis disebabkan oleh gerakan berulang yang tidak wajar.

e. **Kanker**

Adanya presentase yang signifikan menunjukan kasus Kanker yang disebabkan oleh pajanan di tempat kerja. Bukti bahwa bahan di tempat kerja, karsinogen sering kali didapat dari laporan klinis individu dari pada studi epidemiologi. Pada Kanker pajanan untuk terjadinya karsinogen mulai $\geq$ 20 tahun sebelum diagnosis.

f. ***Coronary Artery Disease***

Oleh karena stres atau Carbon Monoksida dan bahan kimia lain di tempat kerja.

g. **Penyakit Liver**

Sering di diagnosis sebagai penyakit liver oleh karena hepatitis virus atau sirosis karena alkohol. Penting riwayat tentang pekerjaan, serta bahan toksik yang ada.

h. **Masalah Neuropsikiatrik**

Masalah neuropsikiatrik yang berhubungan dengan tempat kerja sering diabaikan. Neuro pati perifer, sering dikaitkan dengan diabet, pemakaian alkohol atau tidak diketahui penyebabnya, depresi SSP oleh karena penyalahgunaan zat-zat atau masalah psikiatri. Kelakuan yang tidak baik mungkin merupakan gejala awal dari stres yang berhubungan dengan pekerjaan. Lebih dari 100 bahan kimia (a.I solven) dapat menyebabkan depresi SSP. Beberapa neurotoksin (termasuk arsen, timah, merkuri, methyl, butyl ketone) dapat menyebabkan neuropati perifer. Carbon disulfide dapat menyebabkan gejala seperti psikosis.

i. Penyakit yang Tidak Diketahui Sebabnya

Alergi dan gangguan kecemasan mungkin berhubungan dengan bahan kimia atau lingkungan. *Sick building syndrome. Multiple Chemical Sensitivities* (MCS), mis: parfum, derivate petroleum, rokok.

4. Pencegahan

Pengurus perusahaan harus selalu mewaspadai adanya ancaman akibat kerja terhadap pekerjaannya.

Kewaspadaan tersebut bisa berupa :

1) Melakukan pencegahan terhadap timbulnya penyakit
2) Melakukan deteksi dini terhadap ganguan kesehatan
3) Melindungi tenaga kerja dengan mengikuti program jaminan social

Tenaga kerja seperti yang di atur oleh UU RI No.3 Tahun 1992. Mengetahui keadaan pekerjaan dan kondisinya dapat menjadi salah satu pencegahan terhadap PAK. Beberapa tips dalam mencegah PAK, diantaranya:

1) Pakailah APD secara benar dan teratur
2) Kenali risiko pekerjaan dan cegah supaya tidak terjadi lebih lanjut.
3) Segera akses tempat kesehatan terdekat apabila terjadi luka yang berkelanjutan.

Selain itu terdapat juga beberapa pencegahan lain yang dapat ditempuh agar bekerja bukan menjadi lahan untuk menuai penyakit. Hal tersebut berdasarkan Buku Pengantar Penyakit Akibat Kerja, diantaranya:

1) Pencegahan Primer – *Health Promotion*

a. Perilaku Kesehatan
b. Faktor bahaya di tempat kerja
c. Perilaku kerja yang baik

d. Olahraga
e. Gizi seimbang

2) Pencegahan Sekunder – *Specifict Protection*

a. Pengendalian melalui perundang-undangan
b. Pengendalian administrative/organisasi: rotasi/pembatasan jam kerja
c. Pengendalian teknis: subtitusi, isolasi, ventilasi, alat pelindung diri (APD)
d. Pengendalian jalur kesehatan: imunisasi

3) Pencegahan Tersier

Early Diagnosis and Prompt Treatment

a. Pemeriksaan kesehatan pra-kerja
b. Pemeriksaan kesehatan berkala
c. Surveilans
d. Pemeriksaan lingkungan secara berkala
e. Pengobatan segera bila ditemukan gangguan pada pekerja
f. Pengendalian segera di tempat kerja

Kondisi fisik sehat dan kuat sangat dibutuhkan dalam bekerja, namun dengan bekerja benar teratur bukan berarti dapat mencegah kesehatan kita terganggu. Kepedulian dan kesadaran akan jenis pekerjaan juga kondisi pekerjaan dapat menghalau sumber penyakit menyerang. Dengan didukung perusahaan yang sadar kesehatan, maka kantor pun akan benar-benar menjadi lahan menuai hasil bukanlah penyakit.

5. Perawatan dan pengobatan

Dalam melakukan penanganan terhadap penyakit akibat kerja, dapat dilakukan duamacam terapi, yaitu:

1. Terapi medikamentosa Yaitu terapi dengan obat obatan :
   1) Terhadap kausal (bila mungkin)

2) Pada umumnya penyakit kerja ini bersifat irreversibel, sehingga terapi sering kali hanya secara simptomatis saja. Misalnya pada penyakit silikosis (irreversibel), terapi hanya mengatasi sesak nafas, nyeri dada.

2. Terapi okupasia
   1) Pindah ke bagian yang tidak terpapar
   2) Lakukan cara kerja yang sesuai dengan kemampuan fisik

c. Rangkuman

1. Penyakit Akibat Kerja adalah penyakit yang mempunyai penyebab yang spesifik atau asosiasi yang kuat dengan pekerjaan, pada umumnya terdiri dari satu agen penyebab, harus ada hubungan sebab akibat antara proses penyakit dan hazard di tempat kerja.
2. Penyakit Akibat Hubungan Kerja adalah ?penyakit dengan penyebab multifaktorial, dengan kemungkinan besar berhubungan dengan pekerjaan dan kondisi tempat kerja. Pajanan di tempat kerja tersebut memperberat, mempercepat terjadinya serta menyebabkan kekambuhan penyakit.
3. Penyakit akibat kerja umumnya berkaitan dengan faktor biologis (kuman patogen yang berasal umumnya dari pasien); faktor kimia (pemaparan dalam dosis kecil namun terus menerus seperti antiseptik pada kulit, zat kimia/solvent yang menyebabkan kerusakan hati; faktor ergonomi (cara duduk salah, cara mengangkat pasien salah); faktor fisik dalam dosis kecil yang terus menerus (panas pada kulit, tegangan tinggi, radiasi dll.); faktor psikologis (ketegangan di kamar penerimaan pasien, gawat darurat, karantina dll.)
4. Pada simposium internasional mengenai penyakit akibat hubungan pekerjaan yang diselenggarakan oleh ILO (*International Labour Organization*) di Linz, Austria, dihasilkan definisi menyangkut PAK sebagai berikut:

a. Penyakit Akibat Kerja (*Occupational Disease*)
   adalah penyakit yang mempunyai penyebab yang spesifik atau asosiasi yang kuat dengan pekerjaan, yang pada umumnya terdiri dari satu agen penyebab yang sudah diakui.

b. Penyakit yang Berhubungan dengan Pekerjaan (*Work Related Disease)*
   adalah penyakit yang mempunyai beberapa agen penyebab, dimana faktor pekerjaan memegang peranan bersama dengan faktor risiko lainnya dalam berkembangnya penyakit yang mempunyai etiologi kompleks.

c. Penyakit yang Mengenai Populasi Kerja (*Disease of Fecting Working Populations)*
   adalah penyakit yang terjadi pada populasi pekerja tanpa adanya agen penyebab ditempat kerja, namun dapat diperberat oleh kondisi pekerjaan yang buruk bagi kesehatan

5) WHO membedakan empat kategori Penyakit Akibat Kerja, yaitu:
   a. Penyakit yang hanya disebabkan oleh pekerjaan, misalnya Pneumoconiosis.
   b. Penyakit yang salah satu penyebabnya adalah pekerjaan, misalnya Karsinoma Bronkhogenik.
   c. Penyakit dengan pekerjaan merupakan salah satu penyebab di antara faktor-faktor penyebab lainnya, misalnya Bronkhitis khronis.
   d. Penyakit dimana pekerjaan memperberat suatu kondisi yang sudah ada sebelumnya, misalnya asma.

d. Tugas

1. Amati diseputar tempat tinggalmu apakah ada seseorang yang sakit diakibatkan karena bekerja ?

e. Tes Formatif

Jawablah pertanyaan-pertanyaan yang ada dibawah ini dengan singkat dan jelas !

1. Jelaskan yang dimaksud dengan penyakit akibat kerja ?
2. Apa yang dimaksud dengan penyakit akibat hubungan kerja ?
3. Faktor-faktor apakah yang berkaitan dengan penyakit akibat kerja ?
4. Sebutkan pajanan berbahaya yang dimaksud oleh *Work place Safety and Insurance Board (2005)* antara lain……………………….
5. Menurut WHO Penyakit Akibat Kerja, diklafikasikan menjadi empat bagian, sebutkan ………………………………………
6. Jelaskan beberapa penyakit yang disebabkan akibat kerja ?

f. Lembar Jawaban Tes Formatif

1. Penyakit Akibat Kerja adalah penyakit yang mempunyai penyebab yang spesifik atau asosiasi yang kuat dengan pekerjaan, pada umumnya terdiri dari satu agen penyebab, harus ada hubungan sebab akibat antara proses penyakit dan hazard/racun di tempat kerja.
2. Penyakit Akibat Hubungan Kerja adalah penyakit dengan penyebab multifaktorial, dengan kemungkinan besar berhubungan dengan pekerjaan dan kondisi tempat kerja. Pajanan di tempat kerja tersebut memperberat, mempercepat terjadinya serta menyebabkan kekambuhan penyakit.
3. Faktor-faktor yang berkaitan dengan penyakit akibat kerja adalah
   a. faktor biologis (kuman patogen yang berasal umumnya dari pasien);
   b. faktor kimia (pemaparan dalam dosis kecil namun terus menerus seperti antiseptik pada kulit, zat kimia/solvent yang menyebabkan kerusakan hati;

c. faktor ergonomi (cara duduk salah, cara mengangkat pasien salah);
d. faktor fisik dalam dosis kecil yang terus menerus (panas pada kulit, tegangan tinggi, radiasi dll.);
e. faktor psikologis (ketegangan di kamar penerimaan pasien, gawat darurat, karantina dll.)

4. Pajanan berbahaya yang dimaksud oleh *Work place Safety and Insurance Board (2005)* antara lain:
   a. Debu , gas , atau asap
   b. Suara / kebisingan (noise)
   c. Bahan toksik (racun)
   d. Getaran (vibration)
   e. Radiasi
   f. Infeksi kuman atau dingin yang ekstrem
   g. Tekanan udara tinggi atau rendah yang ekstrem

5. WHO membedakan empat kategori Penyakit Akibat Kerja, yaitu:
   1) Penyakit yang hanya disebabkan oleh pekerjaan, misalnya Pneumoconiosis.
   2) Penyakit yang salah satu penyebabnya adalah pekerjaan, misalnya Karsinoma Bronkhogenik.
   3) Penyakit dengan pekerjaan merupakan salah satu penyebab di antara faktor-faktor penyebab lainnya, misalnya Bronkhitis khronis.
   4) Penyakit dimana pekerjaan memperberat suatu kondisi yang sudah ada sebelumnya, misalnya asma.
6. Beberapa penyakit yang disebabkan akibat kerja antara lain :
   a. Penyakit Saluran Pernafasan

   PAK pada saluran pernafasan dapat bersifat akut maupun kronis. Akut misalnya asma akibat kerja. Sering didiagnosis sebagai tracheobronchitis akut atau karena virus. Kronis, missal: asbestosis. Seperti gejala *Chronic Obstructive Pulmonary Disease* (COPD). Edema paru akut. Dapat disebabkan oleh bahan kimia seperti nitrogen oksida.

b. Penyakit Kulit

Pada umumnya tidak spesifik, menyusahkan, tidak mengancam kehidupan, kadang sembuh sendiri. Dermatitis kontak yang dilaporkan, 90% merupakan penyakit kulit yang berhubungan dengan pekerjaan. Penting riwayat pekerjaan dalam mengidentifikasi iritan yang merupakan penyebab, membuat peka atau karena faktor lain.

c. Kerusakan Pendengaran

Banyak kasus gangguan pendengaran menunjukan akibat pajanan kebisingan yang lama, ada beberapa kasus bukan karena pekerjaan. Riwayat pekerjaan secara detail sebaiknya didapatkan dari setiap orang dengan gangguan pendengaran. Dibuat rekomendasi tentang pencegahan terjadinya hilangnya pendengaran.

d. Gejala pada Punggung dan Sendi

Tidak ada tes atau prosedur yang dapat membedakan penyakit pada punggung yang berhubungan dengan pekerjaan daripada yang tidak berhubungan dengan pekerjaan. Penentuan kemungkinan bergantung pada riwayat pekerjaan. Artritis dan tenosynovitis disebabkan oleh gerakan berulang yang tidak wajar.

e. Kanker

Adanya presentase yang signifikan menunjukan kasus Kanker yang disebabkan oleh pajanan di tempat kerja. Bukti bahwa bahan di tempat kerja, karsinogen sering kali didapat dari laporan klinis individu dari pada studi epidemiologi. Pada Kanker pajanan untuk terjadinya karsinogen mulai $\geq$ 20 tahun sebelum diagnosis.

f. *Coronary Artery Disease*

Oleh karena stres atau Carbon Monoksida dan bahan kimia lain di tempat kerja.

g. Penyakit Liver

Sering di diagnosis sebagai penyakit liver oleh karena hepatitis virus atau sirosis karena alkohol. Penting riwayat tentang pekerjaan, serta bahan toksik yang ada.

h. Masalah Neuropsikiatrik

Masalah neuropsikiatrik yang berhubungan dengan tempat kerja sering diabaikan. Neuro pati perifer, sering dikaitkan dengan diabet, pemakaian alkohol atau tidak diketahui penyebabnya, depresi SSP oleh karena penyalahgunaan zat-zat atau masalah psikiatri. Kelakuan yang tidak baik mungkin merupakan gejala awal dari stres yang berhubungan dengan pekerjaan. Lebih dari 100 bahan kimia (a.l solven) dapat menyebabkan depresi SSP. Beberapa neurotoksin (termasuk arsen, timah, merkuri, methyl, butyl ketone) dapat menyebabkan neuropati perifer. Carbon disulfide dapat menyebabkan gejala seperti psikosis.

i. Penyakit yang Tidak Diketahui Sebabnya

Alergi dan gangguan kecemasan mungkin berhubungan dengan bahan kimia atau lingkungan. *Sick building syndrome. Multiple Chemical Sensitivities* (MCS), mis: parfum, derivate petroleum, rokok.

g. Lembar Kerja Peserta Didik

Jawablah pertanyaan-pertanyaan yang ada dibawah ini dengan singkat dan jelas !

1. Sebutkan hasil P A K pada simposium internasional mengenai penyakit akibat hubungan pekerjaan yang diselenggarakan oleh ILO (*International Labour Organization*) di Linz, Austria……………………………………………

2. Mengetahui keadaan pekerjaan dan kondisinya dapat menjadi salah satu pencegahan terhadap PAK. Beberapa tips dalam mencegah PAK,

diantaranya adalah
………………………………………………………………..

3. Dalam melakukan penanganan terhadap penyakit akibat kerja, dapat dilakukan dua macam terapi, yaitu……………………………………………

1. Kegiatan Belajar 7

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari modul Pembelajaran 7 ini, siswa diharapkan :

1 Mampu menjelaskan berbagai macam alat perlindungan diri (APD) terutama dalam bidang pekerjaan kayu.

2 Mampu menjelaskan pentingnya penggunaan APD dalam pekerjaan kayu.

b. Uraian Materi

1. Pengertian Alat Perlindungan Diri

Alat Perlindungan Diri (APD) merupakan kelengkapan yang wajib digunakan saat bekerja sesuai bahaya dan resiko kerja untuk menjaga keselamatan pekerja itu sendiri dan orang di sekelilingnya. Kewajiban itu sudah disepakati oleh pemerintah melalui Departemen Tenaga Kerja Republik Indonesia (http://id.wikipedia.org/wiki/alat_pelindung_diri).

Kecelakaan kerja adalah kejadian yang tidak terduga dan tidak diharapkan. Biasanya kecelakaan menyebabkan kerugian material dan penderitaan dari yang paling ringan sampai pada yang paling berat. Untuk menghindari resiko dari kecelakaan dan terinfeksinya petugas laboratorium khususnya pada laboratorium kesehatan sebaiknya dilakukan tindakan pencegahan seperti pemakaian APD, apabila petugas laboratorium tidak menggunakan alat pengaman, akan semakin besar kemungkinan petugas laboratorium terinfeksi bahan berbahaya, khususnya berbagai jenis virus (Dian dan Athena, 2006)

2. Alat Pelindung Diri

Jenis APD adalah banyak macamnya menurut bagian tubuh yang dilindunginya (Suma'mur PK, 1989:296). Penggunaan alat pelindung diri di laboratorium/perusahaan ditentukan berdasarkan kesesuaian dengan potensi bahaya yang ada. Beberapa alat perlindungan diri yang dapat dipilih sesuai jenis dan tempat kerja antara lain (http://id.wikipedia.org/wiki/alat_pelindung_diri):

a. Kaca Mata Oengamana (Safety Glasses). Berfungsi sebagai pelindung mata ketika bekerja (misalnya mengelas).
b. Penutup telinga (Ear Plug / Ear Muff). berfungsi sebagai pelindung telinga pada saat bekerja di tempat yang bising.
c. Safety Helmet. Berfungsi sebagi pelindung kepala dari benda yang bias mengenai kepala secara langsung.
d. Tali keselamatan (Safety Belt). Berfungsi sebagi alat pengaman ketika menggunakan alat transportasi ataupun peralatan lain yang serupa (mobil, pesawat dan alat berat).
e. Sepatu karet (Sepatu Boot). Berfungsi sebagi alat pengaman saat bekerja di tempat yang becek ataupun berlumpur. Kebanyakan di lapisi dengan metal untuk melindungi kaki dari benda tajam atau berat, benda panas, cairan kimia.
f. Sepatu pelindung (Safety Shoes). Seperti sepatu biasa, tapi dari bahan kulit dilapisi metal dengan sol dari karet tebal dan kuat. Berfungsi untuk mencegah kecelakaan fatal yang menimpa kaki karena tertimpa benda tajam atau berat, benda panas, cairan kimia.
g. Sarung Tangan. Berfungsi sebagi alat perlindungan tangan pada saat bekerja di tempat atau situasi yang dapat mengakibatkan cedera tangan. Bahan dan bentuk sarung tangan disesuaikan dengan fungsi masing-masing pekerjan.
h. Tali pengaman (Safety Harness). Berfungsi sebagai pengaman saat bekerja di ketinggian. Diwajibkan menggunakan alat ini di ketinggian lebih dari 1,8 m.

i. Masker (Respirator). Berfungsi sebagi penyaring udara yang dihirup saat bekerja di tempat dengan kualitas udara buruk (missal berdebu dan beracun).
j. Pelindung Wajah (face Shield). Berfungsi sebagi pelindung wajah dari percikan benda asing saat bekerja (missal pekerjaan menggerinda).
k. Jas Hujan (Rain Coat). Berfungsi melindungi dari percikan air saat bekerja (missal bekerja pada waktu hujan atau sedang mencuci alat).



Gambar 4.16. Beberapa Jenis Alat Pelindung Diri
(Sumber: plazasafety.com)

Semua jenis APD harus digunakan sengaimana mestinya, gunakan pedoman yang benar-benar sesuai dengan standar keselamatan kerja. Sementara dalam Nurseha (2005), disebutkan beberapa APD yang dapat digunakan dalam pekerjaan di bidang busana atau ketika pembelajaran di laboratorium busana. Alat perlindungan tersebut anatar lain:

a. Alat Pelindung Kepala



Jenis alat pelindung kepala seperti topi pelindung, helmet, dan caping.

Gambar alat pelindung kepala jenis helm berikut rambu keharusan memakai helm dapat dilihat pada Gambar x Sedangkan manfaat dari alat pelindung kepala adalah:

Gambar 4.17 Alat pelindung kepala jenis helem dan rambu alat pelindung kepal
Sumber : udrizkypratamaco.indonetwork.co.id

1) Melindungi rambut pekerja supaya tidak terjerat mesin yang berputar
2) Melindungi kepala dari panas radiasi, api, percikan bahan kimia
3) Menlindungi kepala dar I benturan dan tertimpa benda

b. Alat Pelindung Telinga



Alat pelindung telinga digunakan untuk mengurangi intensitas suara yang masuk dalam telinga (melindungi dari kebisingan). Disamping itu, dapat juga berfungi untuk melindungi pemakaianya dari bahaya percikan api atau logam panas terutama pada alat pelindung telinga jenis tutup telinga (ear muff). Terdapat 2 (dua) jenis alat pelindung telinga yaitu sumbat telinga (ear plug) dan tutup telinga (ear muff) yang lebih efektif dibadingkan sumbat telinga (Septina, 2006).

Gambar 4.18 Alat pelindung telinga

c. Alat Pelindung Badan (baju pengaman/baju kerja)

Baju kerja merupakan salah satu jenis dari baju pengaman sebagai alat pelindung badan. Alat ini berguna untuk melindungi seluruh atau sebagaian tubuh dari percikan api, panas, dingin, cairan kimia dan oli. Bahan baju kerja dapat terbuat dari kain drill, kulit, plastik, asbes atau kain yang aluminium. Beberapa persyaratan yang perlu diperhatikan dalam pemilihan baju kerja adalah pemakaiannya fit, dan dalam keadaan tubuh. Sebaiknya tidak terlalu kencang dan kaku sehingga tidak membatasi gerakan. Namun tidak terlalu longgar sehingga mengundang bahaya tergulung mesin atau kecantol bagian-bagian mesin yang menonjol sehingga menyebabkan jatuh.



Gambar 4.19. Baju kerja untuk kantor dan bengkel
Sumber :

d. Alat Pelindung Pernafasan





Alat pelindung pernafasan merupakan alat yang berfungsi untuk melindungi pernafasan dari gas, uap, debu, atau udara yang terkontaminasi di tempat kerja yang bersifat racun, korosi maupun rangsangan (Septina, 2006). Alat pelindung pernafasan dapat berupa masker dan respirator. Masker berguna mengurangi debu atau partikel-partikel yang lebih besar yang masuk kedalam pernafasan. Masker ini biasanya terbuat dari kain. Sedangkan respirator berguna untuk melindungi pernafasan dari debu, kabut, uap logam, asap dan gas.



Respirator dapat dibedakan atas chemical respirator, mechanical respirator, dan cartridge/canister respirator dengan Salt Contained Breating Apparatus (SCBA) yang

Gambar 4.20 Alat Pelindung Pernafasan

digunakan untuki tempat kerja yang terdapat gas beracun atau kekurangan oksigen serta air supplay

respirator yang memasok udara bebas dari tabung oksigen.

e. Alat Perlindungan Tangan



Jenis alat pelindung tangan seoerti sarung tangan/gloves, mitten/holder, pads. Alat pelindung ini dapat dibaut dari karet, kulit, dan kain katun. Sedangkan manfaat dari alat pelindung tangan adalah



melindungi tangan dari temperature yang ektstrim baik terlalu panas/terlalu dingin; zat kimia kaustik; benda-benda beart atau tajam maupun kontak listrik.

Gambar 4.21. Beberapa Jenis Alat Pelindung Tangan (Sarung Kerja Industri)

Sumber: logamjy.indonetwork.co.id, wong-junti.com

f. Alat Pelindung Mata

Alat pelindung mata diperlukan untuk melindungi mata dari kemungkinan kontak bahaya karena percikan atau kemasukan debu, gas, uap, cairan korosif, partikel melayang, atau terkena radiasi gelombang elektromagnetik. Terdapat tiga jenis alat pelindung diri mata yaitu kaca mata dengan atau tanpa pelindung samping (side shild), goggles, (cup type and box type) dan tameng muka (Septina, 2006). Sedangkan manfaat dari alat pelindung mata adalah:

1) Melindungi mata dari percikan bahan kimia, debu, radiasi, panas, bunga api.
2) Untuk melindungi mata dari radiasi

g. Alat Pelindung Kaki

Jenis alat pelindung kaki seperti sepatu karet hak rendah. Alat pelindung kaki dapat terbuat dari kulit yang dilapisi Asebs atau Chrom. Sepatu keselamatan yang dilengkapi dengan baja diujungnya dan sepatu karet anti listrik. Alat pelindung



kaki (safety shoes) ini berfungsi melindungi kaki dari benturan/tusukan/irisan/goresan benda tajam, larutan bahan kimia, temperature yang ekstrim baik terlalu tinggi



maupun rendah, kumparan kwat-kawat yang beraliran listrik, dan lantai licin agar tidak jatuh (terpeleset).

Gambar 4.22. Beberapa Jenis Alat Pelindung Kaki (Sepatu Kerja Industri) (Sumber: safetyshoes.co.id)

h. Pelindung Mata

Fungsinya ada beberapa macam :





- Melindungi mata dari percikan korosif.
- Mencagah masuknya debu-debu atau kecil yang melayang di udara.
- Pemaparan gas-gas atau uap-uap yang menyebabkan iritasi pada

Gambar 4.23 Alat Pelindung Mata

- Melindungi mata dari benturan atau pukulan benda-benda keras atau tajam.

  Alat pelindung mata menurut bentuknya terdiri dari :
- Kaca mata (spectacles} dengan atau tanpa pelindung samping (shide shield).
- Goggles (cup type/boxtype).
- Tameng muka (face shreen/face shield).

3. Tujuan dan Manfaat Alat Perlindungan Diri

Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan salah satu usaha dalam melindungi tenaga kerja/praktikan di laboratorium sehingga dapat mencapai produktivitas yang optimal. Salah satu wujud dari penerapan K3 adalah dengan menggunakan APD secra disiplin. Penggunaan APD merupakan salah satu kewajiban. Pemanfaatan APD oleh tenaga kerja/praktikan sampai saat ini masih merupakan masalah rumit dan sulit dipecahkan. Hal ini karena factor disiplin tenaga kerja/praktikan yang masih rendah.

Tujuan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) adalah untuk melindungi tubuh dari bahaya pekerjaan yang dapat mengakibatkan

penyakit atau kecelakaan kerja, sehingga penggunaan alat pelindung diri memegang peranan penting. Hal ini penting dan bermanfaat bukan saja untuk tenaga kerja tetapi untuk perusahaan (Septina, 2006).

a. Manfaat APD bagi tenaga kerja/praktikan:
   1) Tenaga kerja/praktikan dapat bekerja dengan perasan lebih aman untuk terhindar dari bahaya-bahaya kerja.
   2) Dapat mencegah kecelakaan akibat kerja.
   3) Tenaga kerja/praktikan dapat memperoleh dearajat kesehatan yang sesuai hak dan martabatnya sehingga tenaga kerja/praktikan akan mampu bekerja secara aktif dan produktif.
   4) Tenaga kerja/praktikan bekerja dengan produktif sehingga meningkatkanhasil produksinya/prakteknya. Khusus bagi tenaga kerja, hal ini akan menambah keuntungan bagi tenaga kerja yaitu berupa kenaikan gaji atau jaminan social sehingga kesejahteraan akan terjamin.
b. Manfaat APD bagi perusahaan:
   1) Meningkatkan produksi perusahaan dan efisiensi optimal.
   2) Menghindari hilangnya jam kerja akibat absensi tenaga kerja.
   3) Penghematan biaya terhadap pengeluaran ongkos pengobatan serta pemeliharaan kesehatan tenaga kerja.

4. Penatalaksanaan Penggunaan Alat Perlindungan Diri

Terdapat beberapa langkah yag dapat ditempuh bagi perusahaan/laboratotium yang hendak menerapkan penggunaan APD. Langkah-langkah tersebut antar lain:

a. Menyusun kebijaksanaan penggunaan dan pemakaian APD secara tertulis, serta mengkomunikasikannya kepada semua tenaga kerja/praktikan dan tamu yang mengunjungi perusahaan/laboratorium tersebut.
b. Memilih dan menempatakan jenis APD yang sesuai dengan potensi bahaya yang terdapat di temapt kerja/laboratorium.
c. Melaksanakan progam pelkatihan penggunaan APD untuk meyakinkan tenaga kerja/laboratorium agar merka mengerti dan

tahu cara menggunakannya. Untuk kegiatan praktikum di laboratorium dapat berupa penjelasan pentingnya dan cara penggunaan APD.

d. Menerapkan penggunaaan dan pemakaian APD serta pemeliharaannya secar berkala.

5. Dasar Hukum Penggunaan Alat Perlindungan Diri

Induk dari peraturan perundang-undangan K3 adalah Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja atau bias disebut dengan UU K3. Karena APD merupakan salah satu perwujudan dari K3 maka dasar hokum APD adalah UU K3 yang memang telah mengatur tentang APD.

UU K3 menetapkan syarat keselamatan dan kesehatan kerja yang berkaitan dengan alat pelindung diri kepada pekerja. Pasal 9 Ayat (1) UU K3 mewajibkan manajemen perusahaan untuk menunjukkan dan menjelaskan:

a. Kondisi-kondisi dan bahaya serta yang dapat tiumbul dalam tempat kerjanya.
b. Semua pengaman dan alat perlindungan yang digaruskan dalam tempat kerja.
c. Alat-alat perlindungan diri bagi tenaga kerja yang bersangkutan.
d. Cara-cara dan sikap kerja yang aman dalam melaksanakan pekerjaannya.

Pada Pasal 12 (b) UU K3 mengatur mengenai kewajiban dan hak tenaga kerja untuk memakai alat-alat pelindung diri. Sedangkan Pasal 14 9c) memerintahkan manajemen perusahaan untuk menyediakan secara cuma-cuma semua alat pelindung diri yang diwajibakn pada tenaga kerja yang berada dibawah pimpinannya dan menyediakan bagi setiap orang lain yang memasuki tempat kerja tersebut diserai dengan petunjuk-petunjuk yang diperlukan menurut petujuk pegawai pengawas atau keselamatan kerja.

Sedangkan peraturan lainnya yang mengatur tentang APD salah satunya adalah Peraturan Menteri tenaga Kerja dan Transmigrasi No. Per/03/Men/1982 tentang Pelayanan Kesehatan Kerja.

Permenakertrans tersebut mengatur APD sebagaimana termuat pada Pasal 1 Ayat (2) dan Pasal 2 Ayat (1).

a. Pasal 1 Ayat (2) tentang tujuan Pelayanan Kesehatan Kerja: "Melindungi tenaga kerja terhadap setiap gangguan kesehatan yang timbul dari pekerjaan atau lingkungan kerja"
b. Pasal 2 Ayat (1) tentang Tugas Pokok Pelayanan Kesehatan Kerja: "Memberikan nasehat mengenai perencanaan dan pembuatan tempat kerja" pemilihan alat pelindung diri yang diperluakn dan zat gizi serta penyelenggaraan makanan ditempat kerja".

c. Rangkuman

Alat Perlindungan Diri (APD) merupakan kelengkapan yang wajib digunakan saat bekerja sesuai bahaya dan resiko kerja untuk menjaga keselamatan pekerja itu sendiri dan orrang di sekelilingnya. Kewajiban itu sudah disepakatai oleh pemerintah melalui Departemen Tenaga Kerja Republik Indonesia. (http://id.wikipedia.org/wiki/alat_pelindung_diri).

Beberapa APD yang dapat digunakan dalam pekerjaan di bidang busana atau ketika pembelajaran di laboratorium busana antara lain alat pelindung kepala, alat pelindung mata, alat pelindung pernafasan, alat pelindung telinga, alat pelindung tangan, alat pelindung kaki serta alat pelindung badan.

tujuan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) adalah untuk melindungi tubuh dari bahaya pekerjaan yang dapat mengakibatkan penyekit atau kecelakaan kerja, sehingga penggunaan alat pelindung diri memgang peranan penting. Hal ini penting dan bermanfaat bukan saja untuk tenaga kerja tetapi untuk perusahaan.

Dasar hukum APD adalah UU K3 dan Permenakertrans No. Per. 03/men/1982 tentang Pelayanan Kesehatan Kerja. Beberapa Pasal UU K3 yang mengatur APD misalnya Pasal 9 Ayat (1) UU K3 yang mewajibkan manajemen perusahaan untuk menunjukkan dan menjelaskan APD; pasal 12 (b) UU K3 mengatur mengenai kewajiban

dan hak tenaga kerja untuk memakai alat-alat pelindung diri; dan Pasal 14 (c) memerintahkan manajeemn perusahaan untuk menyediakan secara cuma-cuma semua alat pelindung diri yang diwajibkan.

d. Tugas

1. Amati diseputar wilayah tempat tinggalmu yang ada industry atau bengkel apakah pekerjanya sudah menggunakan alat pelindung diri !

e. Tes Formatif

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Apakah yang dimaksud dengan alat pelindung diri?
2. Jelaskan peraturan keselamatan pribadi pada area kerja!
3. Apakah mafaat menggunakan alat pelindung kepala? Berikan contoh dari alat pelindung kepala!
4. Berikan contoh dari alat pelindung badan! Apa syarat dari alat pelindung badan sehingga nyaman dan aman bagi pekerja/praktikan?

f. Lembar Jawaban Tes Formatif

1. Alat Pelindung Diri (APD) merupakan kelengkapan yang wajib digunakan saat bekerja sesuai bahaya dan resiko kerja untuk menjaga keselamatan pekerja itu sendiri dan orang sekelilingnya.
2. Menggunakan Alat Perlindungan Diri. Beberapa APD yang dapat digunakan dalam pekerjaan di bidang busana atau ketika pembelajaran di laboratorium busana antara lain alat pelindung kepala, alat pelindung mata, alat pelindung pernafasan, alat pelindung telinga, alat pelindung tangan, alat pelindung kaki serta alat pelindung badan.
3. Manfaat alat pelindung kepala adalah:
   a. Melindungi rambut pekerja supaya tidak terjerat mesin yang berputar
   b. Melindungi kepala dari panas radiasi, api, percikan bahan kimia

   Contoh alat pelindung kepala seperti topi pelindung, helmet, dan caping.
4. Contoh alat pelindung badan adalah baju pengaman/baju kerja. Bebarapa persyaratan yang perlu diperhatikan dalam pemilihan baju adalah pemakaiannya harus fit, dan dalam keadaan tubuh. Sebaiknya tidak terlalu longgar sehingga tidak membatasi gerakan. Namun tidak terlalu longgar sehingga mengundang bahaya tergulung mesin atau kecantol bagian-bagian mesin yang menonjol hingga menyebabkan jatuh.

g. Lembar Kerja Peserta Didik

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan singkat dan jelas !

1. Terjadinya kecelakaan kerja disebabkan oleh 2 faktor utama yaitu
2. Faktor-faktor apa yang sering menjadi penyebab stres di lingkungan kerja
3. Apa yang dimaksud dengan Unsafe Condition (Kondisi Tidak Aman)

DAFTAR PUSTAKA

Adnyana, 1993. **Metalurgi Las (Welding Metalurgy),** Institut Sain dan Teknologi Nasional, Jakarta.

Bagyo Sucahyo, 1999. **Ilmu Logam,** PT.Tiga Serangkai Pustaka Mandiri, Surakarta.

Cubberly William H, 1983, **Metals Handbook Ninth Edition Vol.1 Properties and Selection Iron and Steels.** American Society For Metals, New York.

Hari Amanto dan Daryanto, 1999, **Ilmu Bahan,** Bumi Aksara, Jakarta.

Yanmar Diesel. 1980. **Buku Petunjuk Mesin Diesel Yanmar.** PT.Yanmar Indonesia. Jakarta.

Suyanto, 2001. **Bahan Bakar dan Minyak Lumas,** Sekolah Tinggi Perikanan, Jakarta.

Tata Surdia dan Sito Shinroku, 1999, **Pengetahuan Bahan Teknik,** Pradnya Paramita, Jakarta.

Warsowiwoho dan Gadhi Harahap, 1984. **Bahan Bakar, Pelumas, Pelumasan dan Servis,** Pradnya Paramita, Jakarta.

Wijoyo, Sutopo Edi dan Prabowo, Bhakti. (1977). *Ilmu Bahan Bangunan*. Jakarta : Departemen Pendidiakan dan Kebudayaan.

Anonim. Pengenalan Jenis Kayu dan Manfaat Pengenalan Jenis Kayu. [online]. Tersedia : http://www.dephut.go.id/Halaman/STANDARDISASI_&_LINGKUNGAN_KEHUTANAN/INFO_III01/III_III01.htm.

Anonim. SIFAT-SIFAT KAYU DAN PENGGUNAANNYA. [online]. Tersedia :http://www.dephut.go.id/Halaman/STANDARDISASI_&_LINGKUNGAN_KEHUTANAN/INFO_V02/VII_V02.htm

Anonim. PENGENALAN JENIS KAYU Manfaat Pengenalan Jenis Kayu. [online]. Tersedia:http://www.dephut.go.id/Halaman/STANDARDISASI_&_LINGKUNGAN_KEHUTANAN/INFO_III01/III_III01.htm
.

Anonim. (1995). ***New Step 1 Training Manual*** Jakarta : PT. Toyota — Astra Motor.

Anonim. (1995). ***Pedoman Pelatihan Pengecatan Step 3***. Jakarta : PT. Toyota Astra Motor.

Crouse, W. H. and Anglin, D. L (1980). ***Automotive body repair and refinishing***. New York : McGraw-Hill Book Company.

Robinson, A. (1973). ***The repair of vebicie bodies***. London : Heineniann Educational Books Ltd.